

# СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENTS

### VIII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ, АКВАКУЛЬТУРА И ЭКОЛОГИЯ ВОДОЕМОВ»

### VIII INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "AQUATIC BIORESOURCES, AQUACULTURE AND ECOLOGY OF WATER RESERVOIRS"

#### СЕКЦИЯ «АКВАКУЛЬТУРА»

#### SECTION "AQUACULTURE"

<i>Ивашко Е.Е.</i> Учет и планирование на современном рыбоводческом хозяйстве.....	3
<i>Корнилов Г.В., Гринберг Е.В.</i> Частота встречаемости массы молоди кеты ( <i>Oncorhynchus keta</i> ) в выпусках с трех лососевых рыбоводных заводов юго-западного побережья о. Сахалин.....	10
<i>Курапова Т.М., Молчанова К.А.</i> Характеристика личинок карпа, выращиваемых на УОХ КГТУ .....	18
<i>Литвиненко А.В., Гринберг Е.В.</i> Оптимизация и стратегия развития аквакультуры на частных рыбоводных предприятиях о. Итуруп (Курильский район Сахалинской области) .....	24
<i>Литовченко В.С., Ивашко Е.Е.</i> Новые информационные технологии в аквакультуре: краткий обзор.....	31
<i>Лютиков А.А., Шумилина А.К., Вьлка М.М.</i> О возможности использования стартовых кормов для рыб без рыбной муки и рыбьего жира.....	36
<i>Решетникова О.В., Осипова Т.С.</i> Оценка кормов для форели на содержание тяжелых и токсичных металлов .....	41
<i>Савина Л.В., Курапова Т.М.</i> Некоторые иммунологические показатели личинок карпа, выращиваемых на УОХ КГТУ .....	45
<i>Хрусталева Е.И., Молчанова К.А., Теклу Г.Г.</i> Оценка качества производителей карпа на УОХ КГТУ .....	49

#### СЕКЦИЯ «ИХТИПАТОЛОГИЯ И ГИДРОБИОЛОГИЯ»

#### SECTION "ICHTHYOPATHOLOGY AND HYDROBIOLOGY"

<i>Бугранова О.С., Лозицкая Е.А., Цупикова Н.А.</i> Динамика и условия развития фитопланктона пруда Верхнего (Калининград) в 2015-2017 гг.....	53
<i>Ларцева Л.В., Обухова О.В.</i> Встречаемость бактерий р. <i>Acinetobacter</i> в воде и рыбе дельты р. Волги. Их санитарно-гигиеническая значимость .....	62
<i>Терпугова Н.Ю., Воронина Е.А., Проскурина В.В.</i> Заражённость паразитическими рачками <i>Achtheres percarum</i> окуневых рыб в дельте р. Волги .....	71

## СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ВОДОЕМОВ»

### SECTION "BIOLOGICAL RESOURCES OF THE WATER RESERVOIRS"

<i>Архипов А.Г., Пак Р.А., Симонова Т.А., Дюшков Н.П.</i> Ихтиопланктонные исследования в Антарктической части Атлантики в 2020 г. ....	75
<i>Кривоускова Е.В., Шибаева М.Н.</i> Летний зоопланктон озера Виштынецкого как кормовая база европейской ряпушки в период нагула .....	79
<i>Никитенко А.И., Артеменков Д.В., Горячев Д.В., Клец Н.Н.</i> Рост обыкновенного судака <i>Sander luciperca</i> (Percidae) в Матырском водохранилище Липецкой области.....	84
<i>Парухина Л.В., Студёнов И.И., Устюжинский Г.М., Фукс Г.В.</i> Исследования ранней молоди рыб в нижнем течении реки Вычегда и оценка эффективности рыбозащитных сооружений филиала АО «Группа «Илим» в г. Корьяжма» .....	90
<i>Попова А.С., Шибаев С.В., Барановский П.Н.</i> Особенности пространственного распределения налима ( <i>Lota Lota L.</i> ) в озере Виштынецком .....	95
<i>Саускан В.И., Архипов А.Г., Осадчий В.М.</i> Состояние океанического рыболовства в СССР и современной России и пути возвращения лидерства.....	100
<i>Токранов А.М.</i> Трофические группировки донных и придонных рыб различных семейств отряда Scorpaeniformes в прикамчатских водах.....	107
<i>Фукс Г.В.</i> Использование массы отолита для определения возраста полярной камбалы в Белом море.....	117

## СЕКЦИЯ «ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»

### SECTION "ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT"

<i>Борисенко А.Д., Цветкова Н.Н., Ласкина Д.Н.</i> Результаты гидрохимического мониторинга болота Свиного (Калининградская область) .....	124
<i>Головатюк Л.В., Михайлов Р.А., Попченко Т.В.</i> Оценка экологического состояния р. Еруслан по гидробиологическим и гидрохимическим показателям .....	129
<i>Ласкина Д.Н., Цветкова Н.Н., Борисенко А.Д.</i> Вынос биогенных веществ в Балтийское море рекой Медвежьей .....	134
<i>Литвиненко А.В., Христофорова Н.К.</i> Отражение геохимических условий среды на микроэлементном составе тихоокеанских лососей.....	139
<i>Лозицкая Е.А., Цупикова Н.А., Берникова Т.А.</i> Морфометрические особенности озера Карповского (Калининград) .....	148
<i>Михневич Г.С., Кречик В.А., Крек А.В., Данченков А.Р.</i> Транспорт тяжелых металлов с подземным стоком в Балтийское море .....	157
<i>Новиков М.А.</i> Хлороорганические пестициды в донных отложениях Баренцева моря .....	163

## СЕКЦИЯ «АКВАКУЛЬТУРА»

## SECTION "AQUACULTURE"

УДК 65.011.56

### УЧЕТ И ПЛАНИРОВАНИЕ НА СОВРЕМЕННОМ РЫБОВОДЧЕСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Ивашко Евгений Евгеньевич, канд. физ.-мат. наук

ФГБУН Карельский научный центр, Лаборатория цифровых технологий  
регионального развития,  
Петрозаводск, Россия, e-mail: ivashko@krc.karelia.ru

*Аквакультура — это стабильно растущая отрасль как в России, так и в мире в целом. При этом, обеспечение устойчивости роста, повышение производительности труда и снижение рисков требуют широкого внедрения современных информационных технологий, использование технологий Internet of Things и общая цифровизация производства. Целью работы является изучение перспектив использования современных информационных технологий на предприятиях аквакультуры. В работе представлен общий подход к цифровизации рыбководческих предприятий, описаны примеры использования современных технологий при организации производства.*

#### Аквакультура в России и в мире

Новые технологии быстро меняют привычный образ отраслей экономики. Такая ситуация характерна и для отрасли аквакультуры.

Аквакультура — это разведение и выращивание водных организмов (рыб, ракообразных, моллюсков, водорослей) в естественных и искусственных водоёмах, а также на специально созданных морских плантациях.

По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН [1], мировое рыбоводство активно развивается. При этом, вылов дикой рыбы стагнирует и, видимо, дошел до насыщения — мировые объемы производства рыбы и рыбной продукции растут за счет аквакультуры. В 2015-2016 гг. производство аквакультурной продукции сравнялось с мировой добычей дикой рыбы, с тех пор аквакультура продолжает расти примерно на 6.5% в год и по прогнозам FAO этот рост будет продолжаться как минимум до 2030 г. [2,3].

В России в 2019 году произведено 286,78 тыс. т. продукции аквакультуры, что на 20.2% превышает показатель 2018 года. При этом, темпы роста остаются высокими (38% по итогам первого полугодия 2020 г.). Динамика производства продукции товарной аквакультуры в России в 2014-2020 гг. представлена на рис. 1 (по материалам Федерального агентства по рыболовству [4]; за 2020 год дано прогнозное значение).

Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 определяет планы по росту отрасли аквакультуры в 2.5 раза от уровня 2019 года [5]. Опережающее развитие товарной аквакультуры на территории Российской Федерации может стать новой движущей силой развития рыбохозяйственного комплекса наряду с традиционным рыболовством. Наличие основных факторов развития производства водных акваторий, капитала и технологий определяет успешность реализации данного направления.

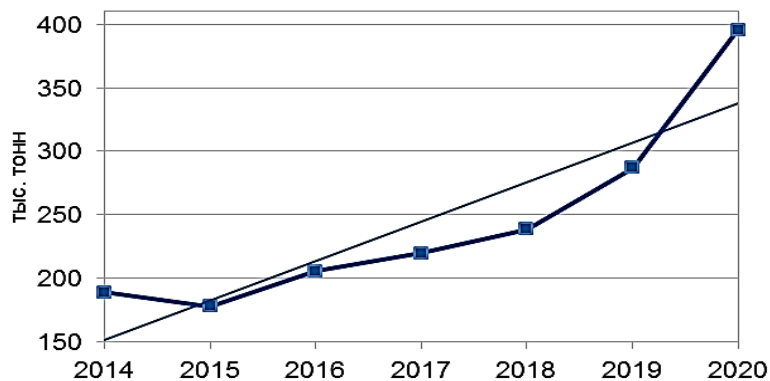


Рис. 1. Динамика производства продукции аквакультуры в России, 2014-2020 гг

При этом, уровень автоматизации и интеллектуализации отечественных предприятий остается крайне низким; достижение показателей Стратегии невозможно без масштабного обновления отрасли, внедрения современного программного обеспечения и интеллектуального оборудования.

### Современные информационные технологии в рыбоводстве

Современные рыбоводческие хозяйства в развитых странах отличаются высоким уровнем компьютеризации производственных процессов. Основные преимущества предприятиям несут автоматизированные учетные системы, системы планирования и системы мониторинга параметров воды на основе Internet of Things [6]. Такие системы, с одной стороны, не требуют больших инвестиций и значительного изменения налаженных бизнес-процессов, а с другой стороны, позволяют иметь оперативную информацию на всех уровнях управления, осуществлять непрерывный мониторинг и контроль, снижать риски и повышать предсказуемость деятельности предприятия.

К современным системам учета, планирования и мониторинга параметров воды предъявляют следующие требования:

- ведение журнала рыбовода: журнал рыбовода является основным инструментом учета и мониторинга на рыбоводном хозяйстве, позволяя отслеживать навеску, биомассу, набор градусодней, отход, кормление и другие рыбоводные операции.
- *оповещение*: уведомление пользователей о значимых событиях, таких как отклонение от нормы показателей качества воды и жизнедеятельности рыбы; особое значение оповещения имеют в установках замкнутого водоснабжения, где время реакции на внештатные ситуации должно быть минимальным.
- планирование с учетом текущей ситуации, план/факт: использование компьютерных систем позволяет автоматически строить планы работы как на ближнесрочный период (декада, месяц), так и на более долгий период (сезон). Автоматизированная система должна позволять автоматически соотносить план и факт за заданный пользователем период времени.
- мониторинг показателей качества воды: использование принципов Internet of Things для организации непрерывного мониторинга показателей качества воды, сбора исходных данных о внешней среде, необходимых для анализа деятельности предприятия.
- интеграция мониторинга с системой учета и планирования: наличие автоматизированной системы мониторинга естественным образом приводит к необходимости ее интеграции с системой учета и планирования для автоматического учета собранных данных в журнале рыбовода и подсистеме планирования.
- облачный доступ: обеспечение работы программы учета и планирования как облачного сервиса (SaaS — Software as a Service) позволяет обеспечить бесперебойный доступ к необходимым данным всем зарегистрированным пользователям с учетом их прав доступа к информации и функциональности. При этом, при наличии доступа в Интернет, «облачный» доступ позволяет работать с программой как сотрудникам на местах (рыбоводам непосредственно на хозяйствах), так и менеджменту компании из центрального офиса.

- разграничение прав доступа: в процессе работы рыбоводческого предприятия собирается большое количество данных, в частности, те, которые могут быть отнесены к коммерческой тайне. Поэтому вопросы обеспечения безопасности остро стоят при использовании информационных систем: в процессе эксплуатации должно быть обеспечено разделение прав доступа как по функционалу (доступный функционал, как минимум, на трех уровнях: менеджмент, главный рыбовод, дежурные рыбоводы), так и по данным (на уровне отдельных садков, рыбоводных участков, предприятия).

Выполнение перечисленных требований является необходимым для эффективного использования на рыбоводческом предприятии систем учета и планирования производства.

### Программно-аппаратный комплекс на базе ПО FishWeb и беспроводных датчиков

Примером системы учета и планирования, удовлетворяющей перечисленным в предыдущем пункте требованиям является программа FishWeb, которая изначально создавалась в рамках международного исследовательского проекта «Cross Border Business Opportunities Creation Empowered by Modern IT and IoT Technologies (KA4033)» [7] программы приграничного сотрудничества «Карелия» (CBC Karelia [8]). Основная идея исследовательского проекта – разработка инновационных технологий на базе современных информационных технологий и Интернета вещей для предприятий отрасли аквакультуры.

Программная система управления рыбоводческим хозяйством FishWeb [9] предназначена для ведения реестра операций рыбоводства, хранения и анализа данных показателей приборов, планирования работ и др. Система выполнена по модульному принципу и состоит из набора частично независимых модулей, интегрирующихся между собой: подсистем «Журнал рыбовода», «Руководитель», «Оборудование» и других.

Подсистема «Журнал рыбовода» позволяет вести реестр рыбоводческих операций, таких как кормление, учет отхода, количества и биомассы рыбы, и т. д. При этом, вспомогательный функционал модуля направлен на снижение трудозатрат работников: выполняется подстановка вида, фракции и объема корма, используется «массовое» внесение данных. Хранящиеся данные имеют несколько режимов отображения: сводка по хозяйству/участку/садку (см. рис. 2), графики динамики изменения биомассы/навески/количества рыбы, табличная сводка данных.

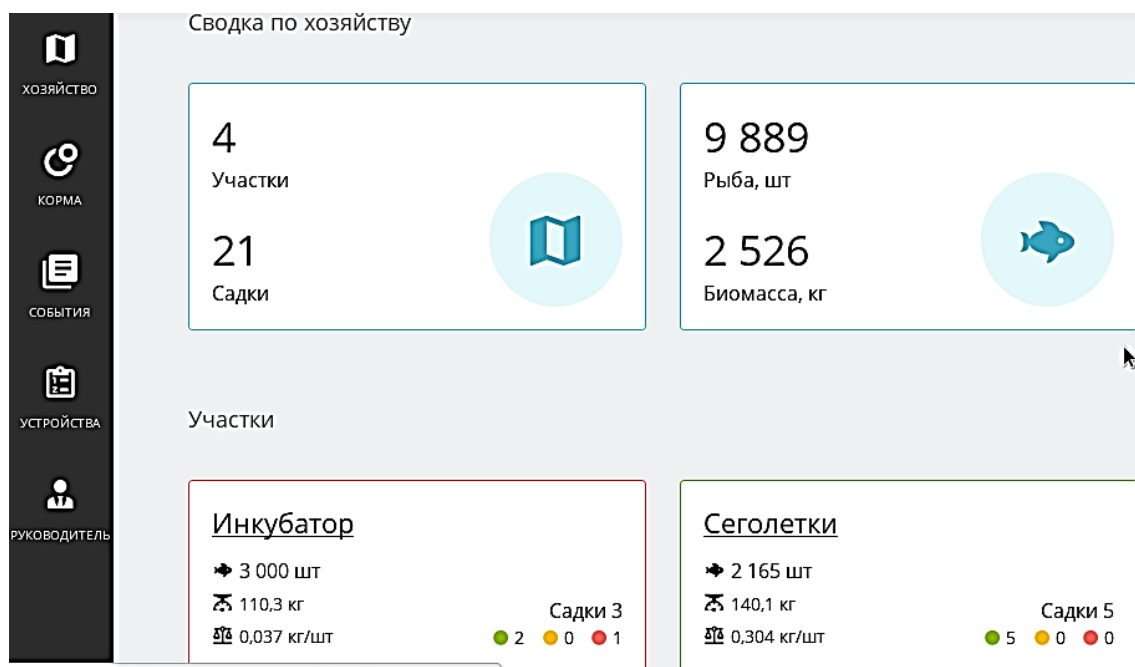


Рис. 2. Сводка данных по хозяйству

Подсистема планирования представлена модулем «Руководитель». Основной функционал, предоставляемый модулем, заключается в планировании показателей работы предприятия, исходя из начальных данных по зарыблению и температурным условиям. На основе двух этих параметров и с учетом используемых кормов, выполняется расчет планируемых значений биомассы, навески, потраченного корма и др. на любую дату сезона (см. рис. 3).

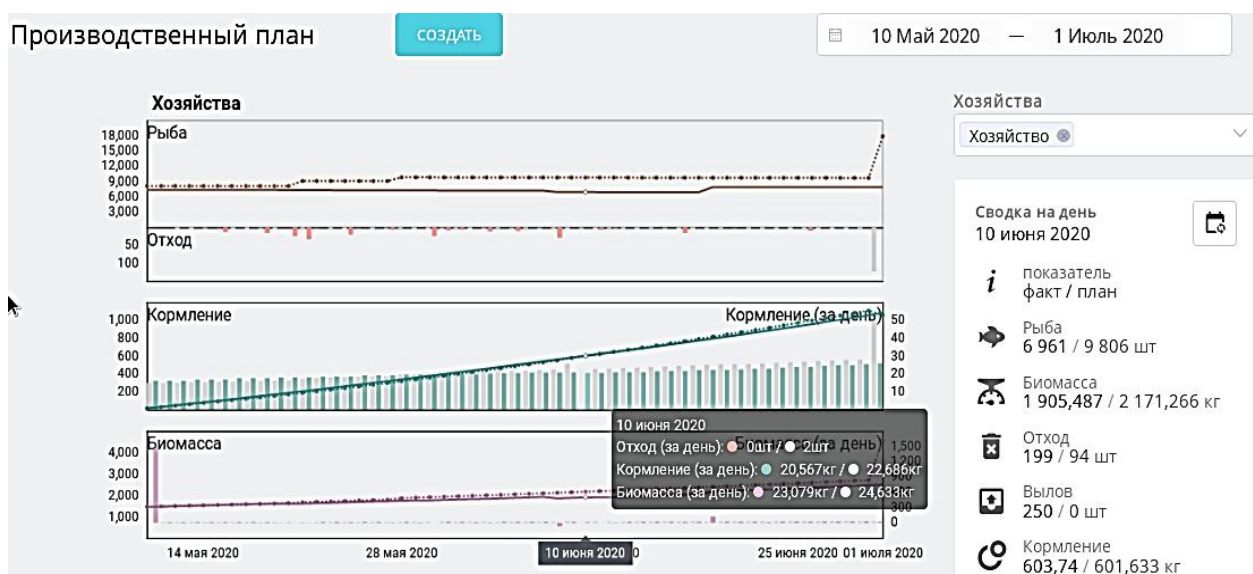


Рис. 3. Производственный план

Важной частью современного предприятия аквакультуры является система мониторинга качества воды, интегрированная с системой управления рыбоводческим хозяйством. Мониторинг качества воды и состояния рыбы основан на наборе IoT-устройств, используемых для анализа качества воды и окружающей среды (термооксиметры, pH-метры, метеостанции; для установок замкнутого водоснабжения (УЗВ) дополнительно используются датчики уровня воды, нитратов/нитритов и др.), и мониторинга состояния рыбы (надводные и подводные видеокамеры, использующие для анализа интеллектуальное программное обеспечение на базе нейронных сетей). Интеллектуальные беспроводные датчики на конкретном предприятии объединяются в систему сбора данных с адаптацией частоты измерения в зависимости от состояния окружающей среды и внешних условий. При этом также разрабатываются блоки интеграции - для подключения уже существующего разнородного оборудования других производителей общей системе и его интеллектуализации. Передача данных осуществляется по одному из двух основных каналов - LoRa (стандарт де-факто для Internet of Things и Industrial Internet of Things) или сотовой связи; также возможно обеспечение передачи данных по проводным интерфейсам или bluetooth. Используемые технологии обеспечивают большую дальность связи, что важно для садковых хозяйств, обычно располагающихся в нескольких километрах от берега. При этом, датчики имеют низкое энергопотребление, что обеспечивает долгую работу на одном заряде аккумулятора или возможность питания от солнечной панели.

Все устройства в автоматическом режиме без участия человека передают данные в общую программную систему; частота опроса датчиков адаптивная, зависит от конкретных показателей и необходимости контроля параметров (например, если уровень заряда батареи датчика низкий, то необходимо снизить частоту опроса для экономии энергии; если показатели качества подходят к опасным значениям, то необходимо увеличить частоту опроса, чтобы следить за динамикой и вовремя отреагировать на превышение пороговых значений или исправить динамику) (см. рис. 4).

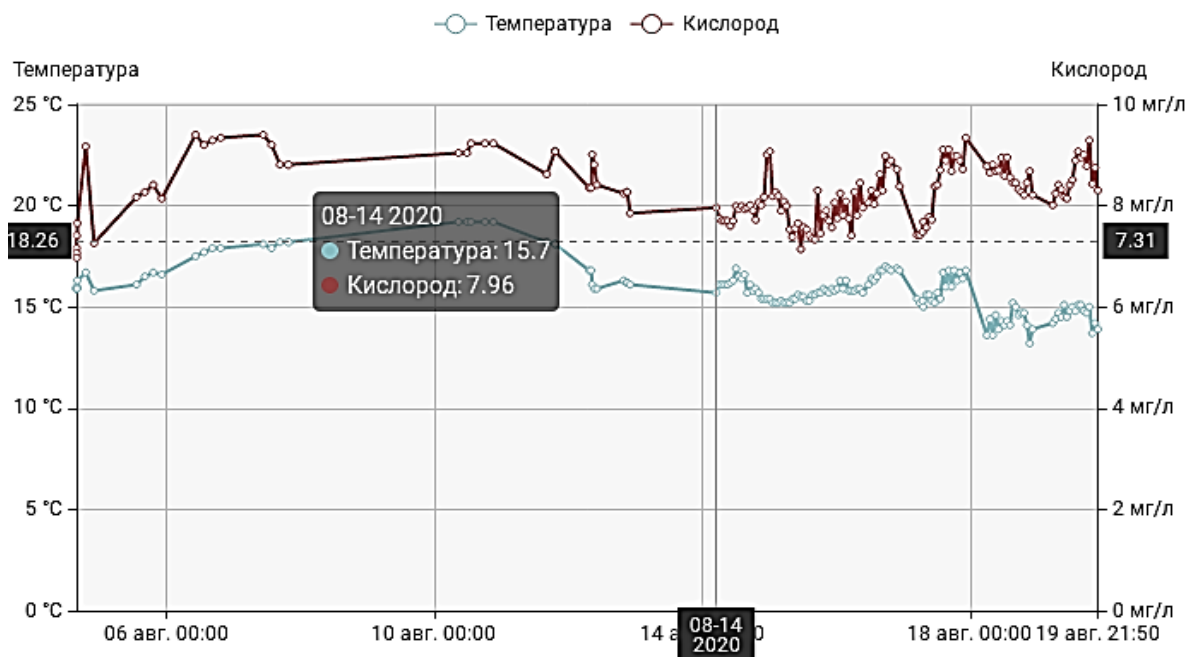


Рис. 4. График наблюдения значений температуры и растворенного кислорода

При работе УЗВ значительный эффект приносит использование автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП). В этом случае система управления рыбоводческими операциями представляет собой АСУТП для управления рыбоводческим оборудованием на основе данных мониторинга качества воды и состояния рыбы, рыбоводческих операций. При необходимости, система выполняет кормление рыбы через автоматизированные кормушки (с учетом навески и биомассы рыбы, суточной нормы кормления, температуры воды и содержания в ней кислорода), насыщение воды кислородом (оксигенаторы для УЗВ, аэраторы для садков) и др.

Важной частью системы управления рыбоводческим хозяйством является подсистема аналитики. Система аналитики предназначена для интеллектуальной поддержки выращивания рыбы, мы идем от описательной и диагностической аналитики (на первом этапе) до предсказательной и предписывающей аналитики. Для реализации системы рассматриваются два контура данных: внутренний (все, что связано с рыбоводческими операциями, бизнес-процессами в рамках хозяйства/предприятия) и внешний (внешние условия, такие как стоимость кормов, курс валюты, анонимизированная информация о деятельности других хозяйств). Это позволяет собрать необходимые для анализа данные и обеспечить необходимую точность аналитики.

Система реализована с облачным доступом в виде Software as a Service, предлагается к развертыванию как на ресурсах производителя, так и на сторонних ресурсах (облака Яндекс, Amazon), или частное облако на базе ресурсов предприятия. Такой подход позволяет обеспечить простоту развертывания и масштабирования, безопасность и надежность данных.

Программная система управления рыбоводческим хозяйством позволяет повысить эффективность работы хозяйства, улучшить процессы учета, обеспечить необходимый контроль и анализ рыбоводческих операций.

### Перспективы современных информационных технологий в аквакультуре

Как отмечает FAO, уровень автоматизации хозяйств в мире низок, низок уровень проникновения современных технологий, таких как искусственный интеллект, нейронные сети, Big Data, предиктивная/предписывающая аналитика, Internet of Things. Эти технологии - еще не отработанные на практике - дают большой эффект и вызывают огромный интерес на предприятиях аква-

культуры. Сейчас рынок «умного» оборудования и специализированного программного обеспечения для аквакультуры составляет 10-15 млрд. \$, при этом недавно возник рынок «точного рыбоводства» (precision aquaculture), который уже набирает 398 млн. \$ [10].

В Innovation Action call программы Horizon 2020 Европейской комиссии, объявленном в октябре 2017 г., был введен термин “Aquaculture 4.0” («Аквакультура 4.0») [11]. В этом объявлении был сделан фокус на использование технологий Индустрии 4.0 (Industry 4.0), таких как Интернет вещей (Internet of Things) и искусственный интеллект, для решения задач устойчивого выращивания рыбы и совершенствования методов кормления в аквакультуре. Также получает распространение термин *precision aquaculture* (точная аквакультура) [12].

В целом, существующие и развивающиеся в современных информационных технологиях и Индустрии 4.0 технологии можно с успехом адаптировать для предприятий аквакультуры. Наиболее перспективными из них являются следующие:

- большие данные (Big Data) и машинное обучение (machine learning): в процессе работы предприятия собирается большое количество данных о внешних и внутренних факторах, влияющих на рост и другие характеристики рыбы. Взаимосвязь этих факторов с динамикой роста и качеством рыбы может быть определена с помощью методов машинного обучения.
- нейронные сети (neural networks) и распознавание образов (pattern recognition): находят свое место в контроле внешних признаков и поведения рыбы в целях скорейшего обнаружения заболеваемости, снижения затрат корма, контроля периметра хозяйства/садка и др.
- искусственный интеллект (artificial intelligence) и предиктивная/предписывающая аналитика (predictive/prescriptive analytics): позволяет реализовать систему поддержки принятия решений на уровне предприятия аквакультуры, что снижает производственные риски и повышает производительность труда.
- цифровой двойник (digital twin): одно из перспективных направлений Индустрии 4.0, рассматривающее полную электронную «копию» предприятия, что позволяет просчитывать динамику развития предприятия, сценарии модернизации и роста производства.

В целом, можно ожидать, что развитие информационных технологий приведет к дальнейшему совершенствованию предприятий аквакультуры, повышению производительности труда и снижению рисков.

## Заключение

Современные информационные технологии быстро меняют привычные бизнес-процессы предприятий, трансформируя и преобразуя традиционные производства. Информационные технологии позволяют получить более достоверные сведения о производственных процессах, обеспечить удаленный контроль, автоматическое оповещение и реагирование на события. Все это приводит к снижению рисков, росту производительности труда, снижению воздействия на экологию, снижению себестоимости и повышению выхода продукции.

В отрасли аквакультуры пришло время перехода от лоскутной автоматизации к полноценным системам учета и планирования. К таким системам предъявляются следующие требования: ведение журнала рыбовода, оповещение, планирование с учетом текущей ситуации, план/факт, мониторинг показателей качества воды, интеграция мониторинга с системой учета и планирования, облачный доступ и разграничение прав доступа. Примером такой системы является программа FishWeb разработки ООО «Инфорика», выполненная при участии экспертов международного проекта приграничного сотрудничества «Cross Border Business Opportunities Creation Empowered by Modern IT and IoT Technologies (КА4033)».

Дальнейшее развитие информационных технологий обещает еще более значимую трансформацию отрасли в концепции Аквакультура 4.0. Наиболее актуальные современные подходы и еще только развивающиеся методы, которые отрабатываются в сфере электронной коммерции и Интернет-бизнеса, зарекомендовав себя, придут в производственные отрасли, включая аквакультуру.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fishery Statistical Collections. Global Aquaculture Production // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/en> (дата обращения: 28.08.2020).
2. Fish to 2030. Prospects for Fisheries and Aquaculture. World Bank Report Number 83177-GLB. <http://www.fao.org/docrep/019/i3640e/i3640e.pdf>
3. FAO. 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>
4. Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. – М.: ФГБНУ «Роинформагротех», 2019. – 68 с.
5. Аквакультура - Федеральное агентство по рыболовству // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://www.fishcom.ru/otraslevaya-deyatelnost/akvakultura> (дата обращения: 28.08.2020).
6. Preetham, K., Mallikarjun, B.C., Umesha, K., Mahesh, F.M. and Neethan, S. Aquaculture monitoring and control system: An IoT based approach. International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology, 5(2). 2019.
7. Cross Border Business Opportunities Creation Empowered by Modern IT and IoT Technologies (KA4033) // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.kareliacbc.fi/ru/projects/cross-border-business-opportunities-creation-empowered-modern-it-and-iot-technologies> (дата обращения: 28.08.2020).
8. Karelia CBC // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.kareliacbc.fi/ru/> (дата обращения: 28.08.2020).
9. FishWeb Программа для предприятий аквакультуры // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://fishweb.ru> (дата обращения: 28.08.2020).
10. Precision Aquaculture Market Study 2019-2024: Anticipating a CAGR of 14% During the Forecast Period // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.globenewswire.com/news-release/2020/01/03/1965977/0/en/Precision-Aquaculture-Market-Study-2019-2024-Anticipating-a-CAGR-of-14-During-the-Forecast-Period.html> (дата обращения: 28.08.2020).
11. Aquaculture 4.0: applying industry strategy to fisheries management // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.governmenteurope.eu/aquaculture-4-0/93038/> (дата обращения: 28.08.2020).
12. F. O'Donncha and J. Grant, "Precision Aquaculture," in IEEE Internet of Things Magazine, vol. 2, no. 4, pp. 26-30, December 2019, doi: 10.1109/IOTM.0001.1900033.

## ACCOUNTING AND PLANNING SOFTWARE SYSTEMS IN AQUACULTURE

Ivashko Evgeny Evgenievich, PhD in Physics and Mathematics

Laboratory for Digital Technologies in Regional Development, KRC of RAS,  
Petrozavodsk, Russia, e-mail: [ivashko@krc.karelia.ru](mailto:ivashko@krc.karelia.ru)

*Aquaculture is a steadily growing industry both in Russia and in the world as a whole. At the same time, ensuring sustainable growth, increasing labor productivity and reducing risks require widespread introduction of modern information technologies, the use of Internet of Things technologies and general digitalization of production. The aim of the work is to study the prospects for the use of modern information technologies at aquaculture enterprises. The paper presents a general approach to the digitalization of fish farming enterprises, describes examples of the use of modern technologies in business-processes.*

## **ЧАСТОТА ВСТРЕЧАЕМОСТИ МАССЫ МОЛОДИ КЕТЫ (ONCORHYNCHUS KETA) В ВЫПУСКАХ С ТРЕХ ЛОСОСЕВЫХ РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДОВ ЮГО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ О.САХАЛИН**

<sup>1</sup>Корнилов Григорий Валерьевич, без степени, бакалавр

<sup>2</sup>Гринберг Екатерина Владимировна, без степени, аспирант ИМГиГ ДВО РАН,  
старший преподаватель кафедры

<sup>1, 2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Сахалинский государственный университет» (СахГУ),

Институт естественных наук и техносферной безопасности, кафедра экологии, биологии  
и природных ресурсов,

Южно-Сахалинск, Россия, e-mail: g.kornilov.mmo@gmail.com

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждения науки «Институт морской геологии  
и геофизики» Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИМГиГ ДВО РАН),  
Южно-Сахалинск, Россия, e-mail: ekaterina-grinberg@yandex.ru.

*В статье приведены и проанализированы кривые распределения молоди кеты по массе, при выпуске с трех лососевых рыболовных заводов юго-западной части о. Сахалин – Калининского, Сокольниковского и Ясноморского, на протяжении трех лет. Рассчитана средняя температура воды в трех ключевых периодах производственного процесса искусственного разведения кеты: инкубации икры, выдерживания предличинок и подращивания молоди. Кроме того, предпринята попытка оценки влияния средней температуры воды в различных этапах раннего онтогенеза на характер кривой распределения молоди по массе при выпуске.*

Кета, по уловам в азиатском прибрежье Северной Пацифики, среди тихоокеанских лососей занимает второе место, а в годы слабых подходов горбуши – первое [1].

Средняя длина половозрелых особей составляет 60 - 70 см, масса 3,0-4,5 кг, рекордные экземпляры вырастают более метра и весят свыше 14 кг. Высокая пищевая ценность и ярко выраженный хоуминг делают ее одним из наиболее перспективных видов тихоокеанских лососей для аквакультуры.

На протяжении последних десяти лет для рыбной отрасли Сахалинской области характерны положительные тенденции роста натуральных и финансовых показателей по основным видам экономической деятельности: рыболовство, рыбоводство, переработка и консервирование.

В Сахалинской области по состоянию на 15.05.2020 года действует 65 лососевых рыболовных заводов (ЛРЗ), обеспечивающих 14% от выпуска молоди лососевых государствами Северной части Тихого океана [2].

Сахалино-Курильский регион важнейший на Дальнем Востоке по искусственному разведению тихоокеанских лососей, здесь ежегодно выпускают на нагул в прибрежные воды Тихого океана около 900 млн. шт. молоди лососей, что составляет примерно 85% от общего выпуска лососей по России. При этом доля кеты в общем промысловом изъятии Сахалинской области, полученная за счет искусственного разведения (ИР) составляет 95% [3].

Юго-западное побережье Сахалина – это один из пяти районов традиционного промысла кеты, численность которой поддерживается исключительно благодаря работе ЛРЗ: Калининского, Сокольниковского и Ясноморского [4].

Эффективность работы любого рыболовного завода определяется, прежде всего, промысловым возвратом. На величину промвозврата непосредственно влияют экологические условия в раннем онтогенезе и множество других факторов [5].

Максимальной эффективности работы любого ЛРЗ можно добиться, только при строгом соблюдении оптимальных значений показателей экологических условий на всех этапах онтогене-

за, биотехники ИР лососевых рыб, ветеринарно-санитарных и лечебно-профилактических мероприятий [5]. Кроме того, успех искусственного рыборазведения зависит от степени готовности молоди к скату (смортификации), сроков выпуска и условий при этом, от уровня развития кормовой базы и других условий.

Проблемой жизнестойкости и выживаемости молоди именно заводской кеты в естественных условиях занимались такие исследователи как Хованская [6], Чистякова [7], Бушуев [8], Бочкова [9] и другие. Они определили множество факторов, влияющих на жизнестойкость и выживаемость заводской молоди: абиотические и биотические на всех этапах рыбоводного цикла; различные условия содержания молоди кеты (влияют на биологические, биометрические и физиологические показатели); сбалансированность кормов; способы кормления молоди и другие. Температура воды — это важнейший фактор, влияющий на развитие рыб. По данным В.Н. Ефанова, чем больше сумма отклонений от оптимума температур на ранних стадиях развития пойкилотермных организмов, тем хуже выживаемость [10].

Кроме того, на величину промыслового возврата влияют не только количество и качество выпущенной с ЛРЗ молоди, но и характер распределения ее, например, по массе, по упитанности, длине хвостового плавника и многим другим признакам. По мнению Ю.П. Алтухова, если кривая распределения молоди по массе при выпуске отличается от кривой нормального распределения (не укладывается в правило «плюс-минус три сигмы», а среднее значение признака, мода и медиана не сосредоточены в одной точке), то возврат будет меньше ожидаемого, а структура искусственно разведенной группировки рыб (нерестового стада) будет отличаться от нативной (нормальной) структуры популяции и вида, в целом. Значительное отклонение кривой влево или вправо приводит к элиминации генотипов и по цепочке к вырождению разводимой группировки рыб [11].

В данной статье оценены кривые распределения молоди кеты по массе при выпуске с трех рыбоводных заводов юго-западной части о. Сахалин, с точки зрения их близости или отклонения от формы и характеристик кривой нормального распределения и прогнозирования степени, мощности и эффективности промыслового возврата. Помимо этого, авторы попытались определить влияние средней температуры воды на протяжении трех ранних этапов онтогенеза (эмбриональном, личиночном и мальковом) на форму и характер кривой распределения молоди по массе при выпуске.

## Материалы и методики

Материалы для исследования были предоставлены Сахалинским филиалом ФГБУ «Главрыбвод». Для построения таблиц, графиков и систематизации данных было проанализировано более 50 таблиц и других материалов из отчетов исследуемых лососёвых рыбоводных заводов.

Графики (кривые) распределения молоди кеты по массе, в период выпуска, построены на основании вариационных рядов, прилагаемых к актам выпуска молоди. Оценены выпуски с трех ЛРЗ юго-западного побережья: Калининского, Сокольниковского и Ясноморского на протяжении шести рыбоводных циклов, начиная с цикла 2012-2013 гг. В данной работе представлены результаты по трем рыбоводным циклам: 2015-2016, 2016-2017 и 2017-2018 гг.

Статистическую обработку собранных данных проводили с использованием программы Microsoft Excel и пакета Microsoft Excel «Анализ данных – описательная статистика». Для оценки кривых распределения по массе определяли следующие статистические показатели: среднее, медиана, мода, стандартное отклонение, дисперсия, размах (интервал), минимум, максимум, и объем выборки (счет), стандартная ошибка, эксцесс и асимметричность.

Перед каждым выпуском молоди проводили морфометрический анализ не менее 100 шт. кеты: измеряли длины АС и АД. Длину измеряли с помощью пластмассовой линейки с ценой деления 0,1 мм. Мальков взвешивали на лабораторных весах KERN EG 220-3NM, с точностью взвешивания 0,001 г. По отношению массы к длине тела АД в третьей степени определяли коэффициент упитанности мальков (по Фультону). Некоторые морфометрические показатели молоди кеты при выпуске с ЛРЗ в 2016, 2017 и 2018 гг. представлены в таблице 1.

**Морфометрические данные молоди кеты в период выпуска  
с Калининского, Сокольниковского и Ясноморского ЛРЗ  
в рыбоводных циклах 2015-2016, 2016-2017 и 2017-2018 гг.**

Название ЛРЗ	Год выпуска											
	2016				2017				2018			
	К <sub>уф</sub>	Р, мг	АС, мм	AD, мм	К <sub>уф</sub>	Р, мг	АС, мм	AD, мм	К <sub>уф</sub>	Р, мг	АС, мм	AD, мм
Калининский	0,90	816,8	49,6	44,8	0,90	890,9	50,5	45,9	0,90	914,9	50,3	46,6
Сокольниковский	0,99	886,8	48,9	44,3	0,99	886,8	49,6	44,8	0,95	847,0	49,1	44,6
Ясноморский	0,92	736,4	47,1	43,1	0,95	751,8	46,6	42,9	0,94	771,6	47,0	43,4

На основе полученных измерений, для каждого завода были построены таблицы размерно-весового ряда. Всего было определено 24 класса, с интервалом (шагом) 50 мг, при минимальном значении массы 401 мг и максимальном значении – 1600 мг. Далее определили частоту встречаемости особей в каждом классе в процентах (табл. 2).

Таблица 2

**Частота встречаемости молоди кеты по массе при выпуске  
с Калининского, Сокольниковского и Ясноморского ЛРЗ  
в рыбоводных циклах 2015-2016, 2016-2017 и 2017-2018 гг., %**

Масса мальков, мг	Название ЛРЗ/Год выпуска								
	Калининский			Сокольниковский			Ясноморский		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
401-450	0	0,2	0	0	0	0,9	1,9	0,8	0
451-500	0	0,3	0,2	0,3	1	1,3	3	1,4	0,4
501-550	0,8	1,2	1,3	2,4	2,2	2	8,2	2,4	5,3
551-600	2,9	1,3	3,3	4	4,2	4,2	7,8	3,8	5,8
601-650	5,7	2,3	6,3	6,3	4,7	4,8	10,4	7,9	10,2
651-700	10	3,9	7,4	9,1	5,2	7,9	12	11,4	12,5
701-750	12	7,6	6,7	11,4	6,8	9,1	12,1	18,9	13,8
751-800	17,1	10,3	8,9	13	7,3	8,1	9,4	13,4	11,1
801-850	18,2	13,6	6,7	12	9	10,3	11,5	14	11,1
851-900	9,1	12,4	8,1	10,7	11,3	12,1	8,8	9,6	8,9
901-950	7,7	13,5	7,7	8,5	9,4	9,9	5,8	9,3	8
951-1000	5,5	10,1	9	9,3	10,9	10,6	4,8	2,8	6,2
1001-1050	4,5	8,2	7	5,7	9,3	7,5	2,1	2,6	3,6
1051-1100	3,7	6,3	8,3	3,7	7,6	5,9	0,6	0,9	1,1
1101-1150	1,9	3,8	4,8	1,8	4,7	2,9	1,2	0,8	0,9
1151-1200	0,5	3	4	0,9	3,3	1,2	0,2	0	0,9
1201-1250	0,4	1,7	3,9	0,6	1,8	1	0,2	0	0
1251-1300	0	0	2,5	0,3	1,3	0,3	0	0	0,2
1301-1350	0	0,3	2,5	0	0	0	0	0	0
1351-1400	0	0	0,9	0	0	0	0	0	0
1401-1450	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1451-1500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1501-1550	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0
1551-1600	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0
<b>Всего</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Среднюю температуру воды на протяжении трех основных производственных периодов (инкубации икры, выдерживания предличинок и подращивания молоди) в рыбоводных циклах 2015-2016, 2016-2017 и 2017-2018 гг. рассчитывали на основании данных из журналов учета продукции и журналов учета градусодней (возраста продукции) с трех ЛРЗ. Среднюю температуру воды за период определяли путем деления количества набранных продукцией за каждый период градусодней на количество календарных дней в этот же период.

Для краткости и удобства восприятия, здесь приведены расчеты только для первых (старших) партий, искусственное разведение которых, всегда сложнее и более проблематично, чем разведение средних и младших, по срокам сбора, партий (табл. 3).

Таблица 3

**Средняя температура воды в основных периодах рыбоводного цикла на Калининском, Сокольниковском и Ясноморском ЛРЗ в рыбоводных циклах 2015-2016, 2016-2017 и 2017-2018 гг., °С**

Лососевый рыбоводный завод	Средняя температура воды, °С/Год выпуска								
	Инкубация икры			Выдерживание предличинок			Подращивание молоди		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
Калининский	7,7	6,8	7,8	1,6	2,2	1,1	5,9	5,0	5,8
Сокольниковский	6,8	7,1	6,8	2,6	2,5	1,7	5,1	4,9	5,0
Ясноморский	10,1	7,9	8,4	1,6	1,6	1,5	3,9	7,5	6,7

Помимо значений температуры воды, которую рассматривали как ведущий фактор, в исследовании оценивали длину и массу молоди, коэффициент упитанности, длину хвостовой лопасти, протяженность миграционного пути, температуру воды в питомниках, базовых реках и приустьевой зоне, состояние кормовой базы в устьях рек Калинка, Асанай, Ясноморка и другие. В данной статье акцент сделан на характере и форме кривых распределения молоди по массе в период выпуска и на среднюю температуру воды, как основной абиотический фактор, оказывающий влияние на пойкилотермные организмы. Все же иные экологические факторы, такие как: скорость течения и расход воды, содержание растворенного в воде кислорода, плотность посадки икры, предличинок, личинок и мальков, на исследуемых ЛРЗ были сравнимы. В том числе и потому, что биотехника искусственного разведения рыб на всех трех ЛРЗ – практически одинакова, а специфические различия касаются, в основном, температурного режима при развитии продукции, массы к выпуску по договору и географического расположения.

**Анализ кривых распределения молоди кеты по массе при выпуске с трех ЛРЗ**

На основании вариационных рядов, представленных в приложениях к актам выпуска молоди с трех ЛРЗ юго-западной части о. Сахалин, в 2016, 2017 и 2018 гг., были построены графики с частотой распределения молоди кеты по массе.

Проанализируем распределение молоди кеты по массе в период выпуска с Калининского ЛРЗ в 2016, 2017 и в 2018 гг..

Незначительное количество рыб на Калининском ЛРЗ были с массой около 526 мг (минимальная масса) и 1326 мг (максимальная масса). Основная часть особей в период выпуска были с массой 776 мг (в 2016 г), 786 мг (в 2017 г) и 976 мг (в 2018 г). Кривые распределения молоди по массе, при выпуске с Калининского ЛРЗ представлены на рис. 1.

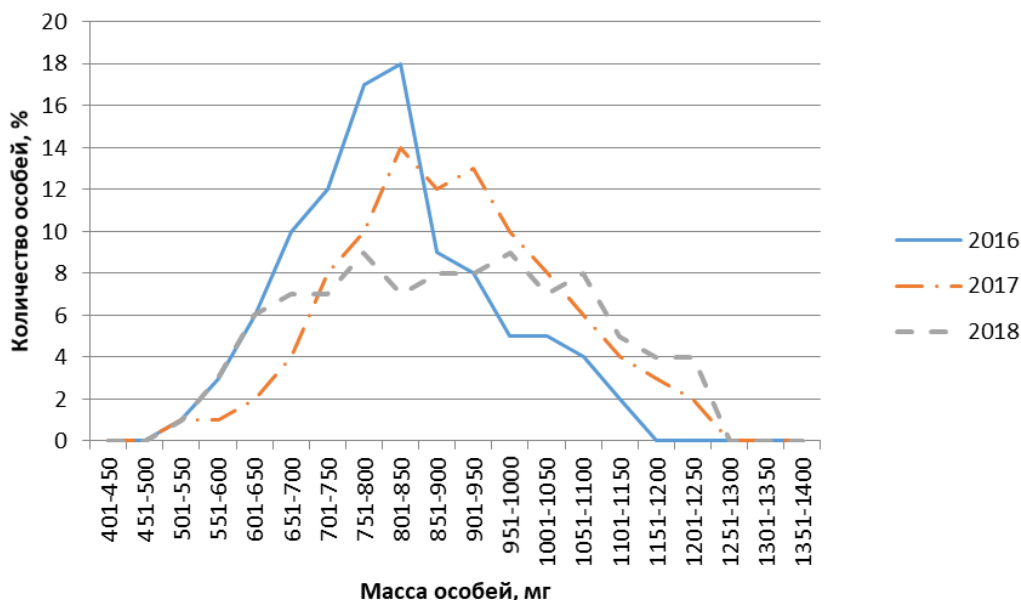


Рис. 1. Кривые распределения молоди кеты по массе в выпусках 2016, 2017 и 2018 гг. с Калининского ЛРЗ

Стандартное отклонение в 2016 г. – 5,7; в 2017 г. – 4,8; в 2018 г. – 2,85.

В 2018 году отрицательная асимметрия (-0,35), в 2016 г. – (0,89), 2017 г.– (0,57). Эксцесс в 2016 г. наименьший (- 0,03), это можно объяснить пиком кривой. В 2017 эксцесс составил – -1,15, а в 2018 году – -1,23. Кривая распределения 2018 г. при выпуске с Калининского ЛРЗ наиболее близка к кривой нормального распределения, несмотря на больший коэффициент эксцесса.

Далее проанализируем кривые, полученные на основании данных с Сокольниковского ЛРЗ. Кривая распределения молоди кеты по массе в 2017 г. Сокольниковского ЛРЗ наиболее близка к кривой нормального распределения. В 2016 г. основная часть особей была с массой 976 мг, в 2017 г. – 956 мг, а в 2018 г. – 876 мг (рис. 2).

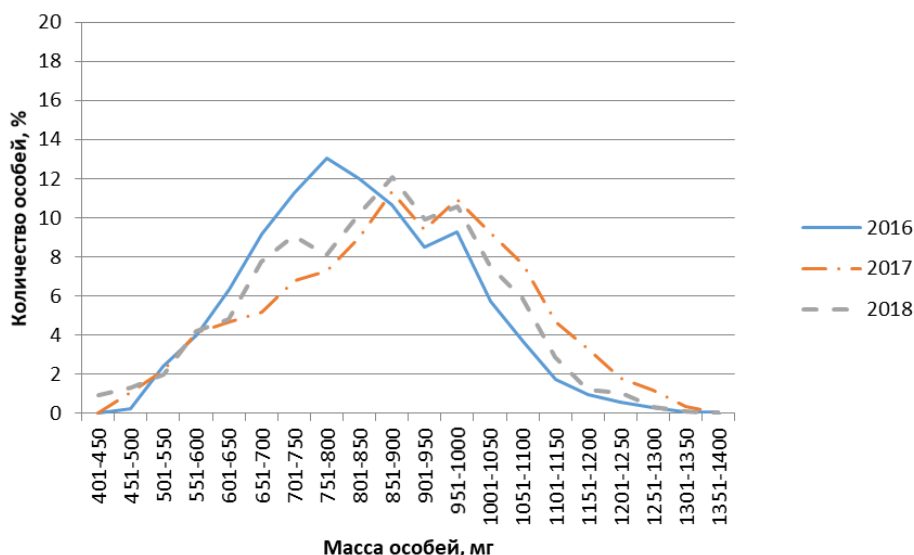


Рис. 2. Кривые распределения молоди кеты по массе в выпусках 2016, 2017 и 2018 гг. с Сокольниковского ЛРЗ

Стандартное отклонение в 2016 г. – 4,6; в 2017 г. – 3,5; в 2018 г. – 4.

Асимметрия положительная, относительно небольшая разница по годам: 2016 г. – (0,33); 2017 г. – (0,13); 2018 – (0,2). Распределение по эксцессу следующее в 2016 г. – (-1,5); в 2017 г. – (-1,25); в 2018 г. – (-1,5). Наиболее близка к кривой нормального распределения кривая распределения 2017 г., далее 2018 г. и 2016 г.

Третий ЛРЗ, выпуски с которого были оценены и проанализированы – Ясноморский. Основная часть молоди кеты, выпущенная с Ясноморского ЛРЗ, в исследуемые годы, была с массой 726-776 мг. Минимальная масса, в среднем, была равна 426 мг, а максимальная – 1226 мг (таких особей было незначительное количество – 0,2 %). Кривые распределения молоди по массе, при выпуске с Ясноморского ЛРЗ, близки к кривым нормального распределения (рис. 3).

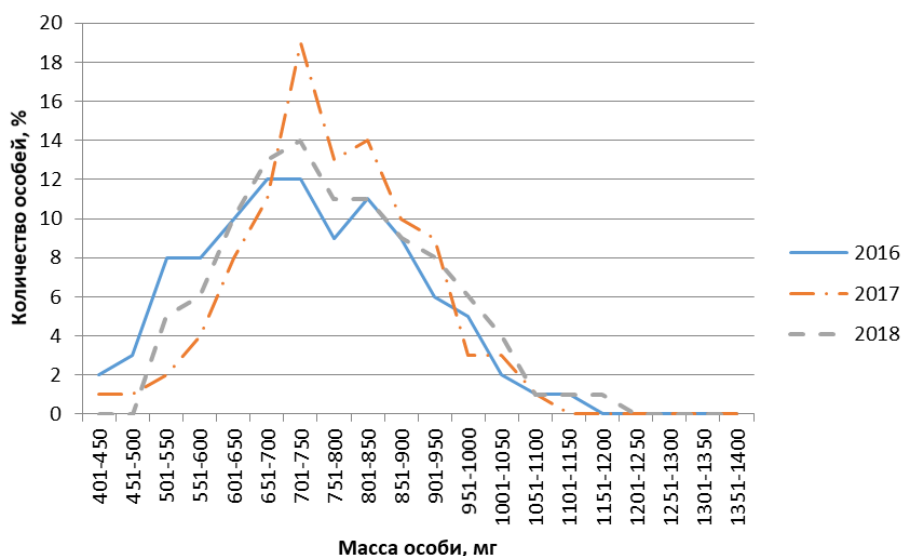


Рис. 3. Кривые распределения молоди кеты по массе в выпусках 2016, 2017 и 2018 гг. с Ясноморского ЛРЗ

Стандартное отклонение в 2016 г. – 4,4; 2017 г. – 5,8; 2018 г. – 4,6.

В 2018 году незначительная отрицательная асимметрия (-0,03), в 2017 (0,71), в 2016 (0,05). Положительная асимметрия указывает на то, что «хвост» распределения находится справа. Отрицательная асимметрия указывает на то, что «хвост» распределения находится слева.

Экссесс графиков, при нормальном распределении эксцесс равен нулю. График Ясноморского завода за 2017 год с наименьшим показателем эксцесса, причиной этому пик на кривой этого года. Распределение по эксцессу следующее в 2016 г. – -1,6; в 2017 г. – -0,6; в 2018 г. – -1,4.

В целом, наиболее близки к форме кривой нормального распределения, при выпуске молоди с Ясноморского ЛРЗ, кривые выпусков 2016 и 2018 годов.

### **Средняя температура воды в периоды инкубации икры, выдерживания предличинки, подращивания молоди кеты и форма кривых распределения молоди по массе в выпусках с Калининского, Сокольниковского и Ясноморского ЛРЗ**

На форму кривых выпуска и их асимметрию влево или вправо от центра, влияет огромное количество факторов, при этом из абиотических это температура воды.

Был проведен анализ и сопоставление средней температуры воды в трех основных периодах производственного процесса (по годам) на каждом из заводов, с кривыми распределения молоди кеты по массе при выпуске с Калининского (рис. 1), Сокольниковского (рис. 2) и Ясноморского (рис. 3) ЛРЗ. Результаты по каждому из заводов приведены ниже.

Калининский завод. Заметно выбивается кривая 2016 года, здесь мы наблюдаем пик в диапазоне классов по массе тела от 726 до 876. В 2017 году – меньшая температура при инкубации 6,8°C, была компенсирована большей в период выдерживания (2,2°C), а температура при подращивании (5°C), минимальная, по сравнению с другими годами, но в целом - достаточная для выращивания молоди кеты (табл. 3). В 2018 году – кривая близка к кривой нормального распределения. Можно предположить, что средние температуры в период инкубации, выдерживания и подращивания оптимальны для конкретных условий этого ЛРЗ.

Сокольниковский завод. Если сравнивать все три графика (с трех заводов), то самые близкие к форме кривой нормального распределения кривые с Сокольниковского ЛРЗ. Без скачков, очень близкие друг другу по форме (рис. 2). Если сравнивать среднюю температуру по годам

(табл. 3) с оптимальными значениями, то заметна стабильность и близость к оптимальным значениям во всех периодах рыбоводного цикла. Несколько пиков, в модальных классах, которые совпадают в 2016 и 2018 гг. и смещены влево в 2017 году (возможно из-за большей, на  $0,3^{\circ}\text{C}$ , температуры воды в период инкубации). Одна из возможных причин наличия нескольких пиков на кривых выпусков с этого ЛРЗ – подращивание части молоди в бассейнах под открытым небом.

Ясноморский завод. Кривые распределения 2016 и 2018 года (рис. 3) схожи, кривая 2016 года смещена влево, особенно в левой ее части. Возможно, это связано с меньшей температурой воды при кормлении –  $3,9^{\circ}\text{C}$ , в сравнении с  $6,7^{\circ}\text{C}$  в 2018 году. Также в 2016 году средняя температура за инкубационный период составила  $10,1^{\circ}\text{C}$ , около двух градусов разницы с 2018 годом и более двух градусов со средней температурой в 2017 году. Средняя температура в инкубационный период выше оптимальной, возможно именно это привело к более быстрому развитию продукции, более ранним срокам вылупления и подъему на плав.

Что касается 2017 года – обращает на себя внимание бóльшая высота кривой. Сравнение характера кривой с данными из таблицы 3 на этапах инкубации, выдерживания и подращивания, наводит на мысль о решающем влиянии температур в период подращивания.  $7,5^{\circ}\text{C}$  – это близкая к оптимальной температура и она в 2017 году значительно превосходит температуру при подращивании в 2016 году – на  $3,6^{\circ}\text{C}$ , и на  $0,8^{\circ}\text{C}$  в 2018 году.

Кривая распределения в 2018 году, без пиков и провалов, средние температуры во всех рыбоводных периодах этого года также близки к оптимальным, без скачков.

### **Обсуждение результатов**

Для более углубленного изучения влияния абиотических и биотических факторов среды в период развития кеты, от икринки до малька, необходимо оценивать влияние не только температуры воды. На развитие и морфометрические характеристики продукции влияют скорость течения и расход воды, соблюдение или не соблюдение режима затемнения/освещения, уровень воды при выдерживании и подращивании, гидрохимические показатели воды (грунтовая или поверхностная), плотность посадки, эпизоотическая обстановка и многие другие факторы. Мы же сделали попытку оценки влияния только температуры воды, поскольку это самый важный фактор, влияющий на пойкилотермные организмы.

Практически во всех построенных графиках выпуска с трех ЛРЗ есть отклонения от центра распределения. На графиках выпусков 2017-2018 гг. наблюдается высокая вариативность признака (масса), что может свидетельствовать о нарушениях биотехники, на каком-либо этапе/этапах производственного процесса, или о неблагоприятных (неоптимальных) экологических условиях на этапах доинкубации икры (период выноса икры в питомники и процесс вылупления), выдерживания свободных эмбрионов и/или подращивания молоди. В 2016 году вариативность признака масса меньше чем в 2017 и 2018 гг.

Наиболее близки по форме к норме, кривые распределения по массе в выпусках с Сокольниковского ЛРЗ. Больше всего отклонений отмечено на кривых при выпуске с Ясноморского ЛРЗ, особенно в 2017 и в 2018 гг.

Предполагаем, что исходя из наибольшего соответствия кривых по массе при выпуске форме и характеристикам кривой нормального распределения, наилучший промысловый возврат будет на Сокольниковском ЛРЗ. Косвенно, о лучших условиях развития, влияющих на форму кривой распределения молоди при выпуске по массе и предполагаемом большем промысловом возврате, свидетельствует и близкая к оптимальной средняя температура воды в период инкубации, выдерживания и подращивания кеты, на этом же ЛРЗ.

### **Заключение**

В статье исследована частота распределения сеголетков кеты по массе, при выпуске с трех ЛРЗ юго-западного побережья о. Сахалин, в течение трех рыбоводных циклов, а также определена специфика термического режима воды в период инкубации, выдерживания и подращивания кеты старших, по срокам сбора икры, партий.



Оценка выпуска молоди кеты (в том числе и по анализу кривых распределения молоди при выпуске по массе), дает возможность определить наличие ошибок в биотехнике разведения кеты в целом или, даже, на отдельных ее этапах (периодах). Анализ морфометрических показателей молоди кеты в период выпуска с ЛРЗ и основных кормовых объектов водоема, позволяет спланировать выпуск молоди с завода максимально эффективно, что в свою очередь обеспечит увеличение выживаемости молоди и эффективности работы рыбоводного завода (повышение промыслового возврата).

Оценку кривых следует вести не только с точки зрения статистических показателей, но и с учетом специфики конкретного ЛРЗ: температурного режима и его соответствия оптимальным показателям, наличию или отсутствию возможности подрачивать молодь под открытым небом, в бассейнах или, даже, в прудах (при различном уровне воды), географического расположения (количество и качество развития кормовой базы в приустьевой зоне базового водотока). При анализировании характеристик продукции и среды в период выпуска, следует учитывать значительное количество факторов, вплоть до уровня квалификации и человеческих качеств главных специалистов-рыбоводов на ЛРЗ. При этом важно из всех этих условий и факторов выделить ведущие, наиболее важные и сосредоточить усилия при ИР именно на них.

Таким образом, для получения стабильных, качественных и значительных возвратов производителей кеты, необходимо соблюдать биотехнику ИР, создавать оптимальные экологические условия для продукции на всех этапах ее раннего онтогенеза. При соблюдении этих условий, кривые распределения по массе, на протяжении всего рыбоводного цикла (у предличинок при выдерживании, у личинок при переходе на внешнее питание и у мальков при выпуске) будут близки к нормальным. Характер и форма кривых распределения молоди лососей по массе при выпуске, косвенно позволяют прогнозировать промысловый возврат.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макоедов А.Н., Коротаев Ю.А., Антонов Н.П. Азиатская кета. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2009. – 356 с.
2. Сахалино-Курильское территориальное управление Федерального агентства по рыболовству // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://sktufar.ru/>
3. Шитова М.В. Дифференциация заводских популяций кеты Сахалинской области по микросателлитным маркерам. – Москва, 2008, 26 с.
4. САХНИРО. Современное состояние и перспективы развития лососевого хозяйства на Дальнем Востоке России: Материалы научной конференции САХНИРО, 2017, –163 с.
5. Ефанов В.Н., Бойко А.В. Экологические особенности и оптимизация условий искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей на современных рыбоводных заводах Сахалинской области. Серия «Монографии учёных Сахалинского государственного университета» Южно-Сахалинск.: Изд-во СахГУ, 2014. – 124 с.
6. Хованская Л.Л. Биологические и физиологические особенности искусственного разведения кеты в Магаданской области / Л. Л. Хованская // - Магадан, 2006, 314 с.
7. Чистякова А. И., Бугаев А. В. Оценка происхождения и пути миграции заводской молоди горбуши и кеты в бассейне Охотского моря в осенний период / А. И. Чистякова, А. В. Бугаев // Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 2016, стр. 6-23.
8. Бушуев В. П. Сима объект аквакультуры / В. П. Бушуев // М.: - «Рыбное хозяйство», Агропромиздат, 1990, - 45 с.
9. Бочкова Е. В. Сравнительный анализ здоровья молоди кеты разного происхождения в пресноводный период жизни / Е. В. Бочкова // - Петропавловск – Камчатский, «Вопросы рыболовства», 2007, том 8, стр. 525-536.
10. Ефанов В.Н. Организация мониторинга и моделирование запасов популяций рыб: монография. – Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ, 2003. – С. 47-49.
11. Алтухов, Ю.П. Популяционная генетика лососевых рыб / Ю.П. Алтухов, Е.А. Салменкова, В.Т. Омельченко. — М.: Наука, 1997. — 298 с.

# FREQUENCY OF JUVENILE KETA (ONCORHYNCHUS KETA) MASS IN RELEASES OF THREE SALMONS HATCHERIES OF THE SOUTHWESTERN COAST OF SAKHALIN ISLAND

<sup>1</sup>Kornilov Grigorii Valerievich, without a degree, bachelor

<sup>2</sup>Greenberg Ekaterina Vladimirovna, without a degree, postgraduate IMGIG DVO RAS, senior lecturer

<sup>1, 2</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Sakhalin State University (SakhSU), Institute of Natural Sciences and Technosphere Safety, Department of Ecology, Biology and Natural Resources, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, e-mail: g.kornilov.mmo@gmail.com

<sup>2</sup>Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (IMGiG DVO RAS), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, e-mail: ekaterina-grinberg@yandex.ru

*The article presents and analyzes the distribution curves of juvenile keta by weight, when released from three salmon hatcheries in the southwestern part of the Sakhalin Island - Kalininsky, Sokolnikovsky and Yasnomorsky - for three years. The average water temperature was calculated in three key periods of the production process of keta artificial breeding: incubation of eggs, keeping prelarvae and rearing juveniles. In addition, an attempt was made to assess the influence of the average water temperature at various stages of early ontogenesis on the character of the distribution curve of juveniles by weight during release.*

УДК 639.3

## ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИЧИНОК КАРПА, ВЫРАЩИВАЕМЫХ НА УОХ КГТУ

Курапова Татьяна Михайловна, канд. биол. наук, доцент кафедры аквакультуры, биологии и болезней гидробионтов

Молчанова Ксения Андреевна, канд. биол. наук, зам. зав. кафедрой аквакультуры, биологии и болезней гидробионтов

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: tkurapova@inbox.ru; kseniya.elfimova@klgtu.ru

*При выращивании рыб уделяют особое внимание качеству потомства. Особое место принадлежит методикам ранней диагностики качества в возрасте личинок. В работе была поставлена цель оценить качество личинок карпа по используемым методикам «Тестирование личинок по толерантности к обезвоживанию» и «Тестирование личинок карпа по устойчивости к повышенной температуре»*

### Обзор литературы

Традиционные способы селекции рыб основаны на оценке нескольких выращиваемых групп рыб по жизнеспособности (или выходу), скорости роста или прироста, т.е. тех показателей, которые определяют рыбопродукцию [1].

В литературных источниках представлены несколько новых способов селекции рыб, включающих оценку выращиваемых групп рыб и предполагающих отбор по устойчивости к воздействию стрессового фактора в возрасте личинок. Как было доказано рядом исследований устойчивость рыб к стрессу является физиологическим признаком, передающимся по наследству, и связана с показателем продуктивности [2].

Рядом авторов в качестве стрессового фактора рекомендовано применять гипоксию или обезвоживание, а для личинок дегидратацию. Методика устойчивости личинок к обезвоживанию разработана Симоновым В.М. и Виноградовым Е.В. (Симонов, Виноградов, 2000). Данную методику рекомендовано применять для личинок на стадии становления на плав, что связано с быстрым развитием личинок карповых рыб [3].

Использование при селекции рыб в качестве стрессового фактора обезвоживания личинок более объективно моделирует разнообразие неблагоприятных воздействий, негативно влияющих на организм, при этом выживают только те личинки, которые имеют защитную реакцию на генетическом уровне, и определяют неспецифическую устойчивость рыб при дальнейшем развитии. Отбор личинок, устойчивых к такому фактору, как обезвоживание, имеет более сильное воздействие на организм по сравнению с хронической гипоксией, т.к. одновременно молодь рыб подвергается воздействию комплекса неблагоприятных факторов – кислородное голодание, неблагоприятный температурный режим и обездвиживание [3].

В связи с выше изложенным была поставлена цель оценить качество личинок при применении вышеуказанных методик.

### **Методика и результаты исследований**

Анализ проводился в начале мая, к этому моменту личинки карпа, полученные от естественного нереста в нерестовом пруду №1 достигли этапа развития В. Средняя масса тела личинок составляла  $1,98 \pm 0,09$  мг, у них началось становление на плав и переход на смешанное питание.

Из пруда личинок карпа отловили сачком и поместили в емкость, установленную в термосумку (сумку-холодильник), для понижения температуры и успешной транспортировки в сумку положили лед, что позволило понизить температуру воды на 2-3°C. Соотношение в емкости личинки : вода было примерно на уровне 1:20.

Длительность транспортировки от УОХ КГТУ до лаборатории кафедры Аквакультуры составило около 60 мин, за время транспортировки отхода не отмечали. После транспортировки в лаборатории емкость выставили из сумки и начали аэрацию, для предотвращения асфиксии у личинок. Тестирование проводили после выравнивания температуры воды в емкости и в лаборатории.

Согласно методике «Тестирование личинок по толерантности к обезвоживанию», разработанной В.М. Симоновым и Е.В. Виноградовым (Симонов, Виноградов, 2000), в начале тестирования в химические стаканы наливают по 20 мл прудовой воды из банки и в каждую из них отсчитывают по 20 шт личинок.

Затем личинок с водой осторожно переносили в чашки Петри, дно которых предварительно выстилали фильтровальной бумагой. Влагу из чашки Петри удаляли при помощи пипетки и ватно-марлевых тампонов. Чашки с личинками на мокрой фильтровальной бумаге (без воды) закрывали крышкой.

Исследования проводили в тройной повторности (вариант 1-3). Для тестирования были взяты личинки карпа в количестве 60 шт (по 20 в каждом варианте).

Через 15 мин в чашки снова наливали прудовую аэрированную воду и определяли количество отхода (всплывшие на поверхность, белесые и неподвижные личинки). Повторное определение отошедших личинок провели через 1 ч после окончания исследования, учитывали количество неподвижных особей, лежащих на поверхности или дне.

Результаты проведенного исследования на устойчивость личинок карпа к обезвоживанию приведены в таблице 1 и рисунке 1.

## Устойчивость личинок карпа к обезвоживанию

Вариант	Начальное количество личинок, шт	Выход через 15 мин, шт	Выход через 1 ч, шт	Выход через 1 ч, %
1	20	19	0	0
2	20	15	15	75
3	20	15	15	75

Как видно по данным таблицы 1, во втором и третьем вариантах выход личинок составил 75 %, но в первом варианте выход был нулевым, в среднем выход составил 50 %, что свидетельствует о чувствительности личинок карпа к обезвоживанию, то есть о низкой стрессоустойчивости, а значит об их удовлетворительном качестве.

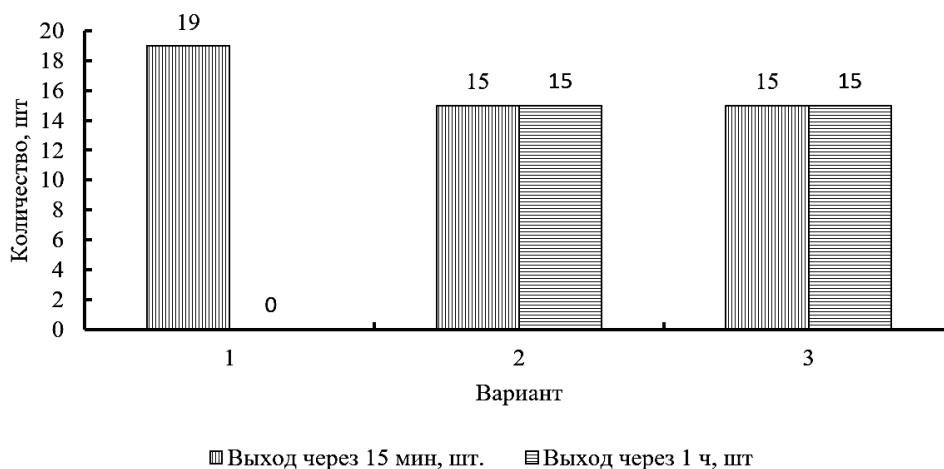


Рис. 1. Устойчивость личинок карпа к обезвоживанию

Согласно, имеющимся литературным данным, приведенным в работе В.М. Симонова и Ю.И. Ильсова (2001) у потомства, полученного от индивидуальных скрещиваний, разбросанного карпа отводки ЗУ-НК устойчивость личинок к обезвоживанию была выше, чем было получено в наших исследованиях.

Однако, следует отметить, что и методика была несколько иной. В работе В.М.Симонова и Ю.И. Ильсова (2001) использовали пять вариантов по 60 личинок в группе (всего 300 шт). Личинок, размещали на мелкоячеистой сетке, расположенной на расстоянии 1 см над водной поверхностью, и выдерживали в течение 50 мин на воздухе при температуре 16°C и 100% влажности.

Затем личинок переводили в водную среду, через 23 часа определяли выживаемость по формуле (1):

$$X = \frac{A \times 100}{C}, \quad (1)$$

где X - выживаемость личинок при обезвоживании в %, A - число живых личинок через 24 часа после обезвоживания, C - общее число личинок, отобранных для обезвоживания [4].

Результат тестирования личинок среднерусского карпа по литературным данным В.М.Симонова и Ю.И. Ильсова (2001) приведен в таблице 2.

**Результаты тестирования личинок карпа по устойчивости  
к обезвоживанию (Симонов, Ильясов, 2001) [4]**

Потомство ЗУ-НК	Выживаемость личинок при обезвоживании, %	Потомство загорского карпа	Выживаемость личинок при обезвоживании, %
55×66*	96,5	5×5*	35,1
88×66*	93,8	7×5*	52,7
Контроль	91,4	7×9*	41,6

\* цифры представляют метки от подкожного введения красителей, по которым идентифицируют производителей

Как видно по данным выше приведенных таблиц, выживаемость личинок карпа на УОХ КГТУ (50 %) значительно ниже, чем в литературном источнике (Симонов, Ильясов, 2001) по среднерусской породной группе отводки ЗУ-НК – 93,9 %. По нашему мнению, отчасти, это связано и с различиями в методике исследования.

В дальнейших исследованиях В.М.Симонова и Ю.И.Ильясова (2001), была изучена выживаемость личинок, полученных от загорского чешуйчатого карпа. Исследования по устойчивости личинок к обезвоживанию проводили аналогично тому, как было описано выше, за исключением того, что выдерживание личинок на воздухе проводили на мелкоячеистой сетке, расположенной на расстоянии 5 см над водной поверхностью, в течение 40 мин при температуре 18 °С и 100 % влажности. Оценку выживаемости личинок проводили через 25 ч после повторного помещения их в водную среду.

По сравнению с разбросанным карпом отводки ЗУ-НК тестируемые личинки, выращенные на УОХ КГТУ, имели более низкую устойчивость к обезвоживанию, а по сравнению с загорским карпом – более высокую.

Следовательно, устойчивость личинок карпа, выращенных на УОХ КГТУ, можно считать удовлетворительной, величина данного показателя были ниже, чем у личинок карпа отводки ЗУ-НК, но выше чем у загорского карпа.

Тестирование личинок карпа по устойчивости к повышенной температуре проводили по экспресс-методике В.Я. Катасонова и В.Н. Дементьева (1996). Согласно методике, тестирование личинок по устойчивости к повышенной температуре проводят на 1-2 день после появления у них двухкамерного плавательного пузыря, примерно на 10-12 сутки после вылупления [5].

Анализ проводился в середине мая, к этому моменту у личинок карпа от естественного нереста в нерестовом пруду полностью сформировался двухкамерный плавательный пузырь, средняя длина тела личинок составляла  $1,88 \pm 0,03$  см, а масса тела –  $0,22 \pm 0,09$  г. Из пруда личинок отлавливали сачком и помещали в емкость, установленную в термосумку (сумку-холодильник). Соотношение личинки : вода было таким же как в предыдущем методе.

Длительность транспортировки от УОХ КГТУ до лаборатории составило около 60 мин, отхода не отмечали. После транспортировки емкость выставили и начали аэрацию, исследования проводили после уравнивания температуры воды в емкости и в помещении.

Согласно методике по 20 шт личинок карпа помещали в стаканчики (по 100 мл), которые устанавливали в емкость с подогретой до 37 °С водой. При этом личинок переносили в стаканчики с небольшим количеством воды, затем добавили такое количество воды, чтобы стаканчики могли стоять в полупогруженном состоянии. Таким образом, температура воды в стаканчиках почти сразу устанавливается на нужном уровне (37°С). Для предотвращения асфиксии применяли принудительную аэрацию при помощи компрессора.

Через определенные (равные для всех исследуемых групп) промежутки времени стаканчики вынимали из аквариума и фиксировали отход. Обычно применяют экспозицию 30, 40, 50 и 60 мин, в наших исследованиях выбрали экспозицию 30 и 60 мин.

По окончании исследования личинок с водой переливали в кристаллизаторы, в которых их выдерживают в течение суток при комнатной температуре и принудительной аэрации. По истечении 24 часов подсчитывали окончательный отход.

Тестирование личинок на устойчивость к повышенной температуре проводили в нескольких вариантах. В начале количество личинок в стаканах было 20 шт, в варианте 1 21, однако уже через 30 мин исследования отход составил 100%, и дальнейшее тестирование не имело смысла (таблица 3).

Таблица 3

### Устойчивость личинок карпа к повышенной температуре

№ стакана	Начальное количество личинок		Отход через 30 мин		Отход через 60 мин	
	шт	%	шт	%	шт	%
1	21	100	21	100	-	-
2	20	100	20	100	-	-
3	20	100	20	100	-	-
4	20	100	20	100	-	-
5	20	100	20	100	-	-
6	43	100	17	39,53	23	53,49
7	38	100	25	65,79	10	26,32
8	39	100	27	69,23	10	25,64

При проведении исследований во второй повторности использовали три варианта, но с учетом наличия у ранней молодежи сильно выраженного группового эффекта количество личинок в вариантах решили случайно увеличить. Так, во втором варианте количество личинок составила 38 шт на 100 мл, в третьем – 39, а в первом – 43 шт на 100 мл воды.

Личинок карпа поместили в стаканы и провели повторное тестирование, через 30 минут экспозиции в теплой воде (37 °С) отход составлял от 17 до 27 шт, что составило от 39,53 до 69,23% (табл.3, рис. 2-3).

Из данных таблицы видно, что через 30 мин исследования отход в опыте 6 составил 17 шт или 39,53 %, опыте 7 – 25 шт или 65,79 %, а в опыте 8 фиксировали наибольшие значения отхода – 27 личинок или 69,23% (рисунок 2).

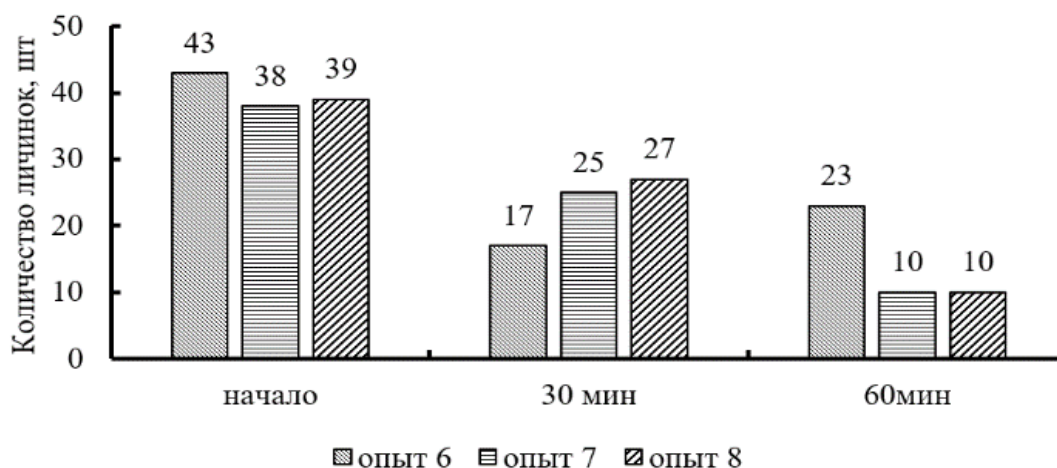


Рис.2. Устойчивость личинок карпа к повышенной температуре

Через 60 минут экспозиции в воде с температурой 37°С, отход в шестом опыте увеличился и составил 23 шт или 53,49 %, в седьмом наоборот снизился и составил 10 шт или 26,32%, а в третьем отмечали наименьший отход – 10 шт или 25,65%. То есть, за время проведения исследования общий отход в опытной группе 6 составил 93,02 %, в седьмой – 92,11 %, а в восьмой группе – 94,87 % (рисунок 5).

Выживших личинок из стаканов поместили в кристаллизатор с прудовой водой и с принудительной аэрацией, отобрав явный отход (личинки белесые, с геморагиями и т.д.). Через 24 часа

повторно провели оценку выживаемость личинок после тестирования, однако отход во всех кристаллизаторах составил 100 %.

Полученные результаты свидетельствуют о низкой устойчивости личинок к повышенной температуре, что является результатом, по нашему мнению, вводимых изначально скрещиваний местных беспородных культурных карпов и ропшинской породы, которую выводили как холодно- и зимостойкую. То есть изначально при формировании гибридов генетически не была заложена устойчивость к повышенной температуре, что и отразилось на результатах тестирования.

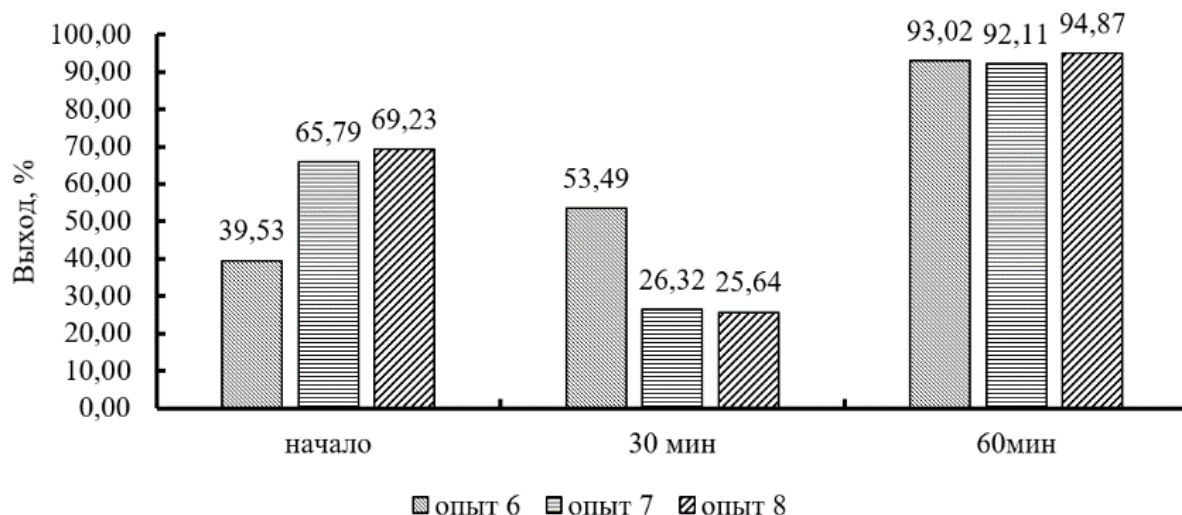


Рис. 3. Выход личинок на этапах тестирования

Согласно литературным данным, приведенным в работе В.М. Симонова и Ю.И. Ильсова (2001) устойчивость к повышенной температуре имеет сильную корреляционную взаимосвязь с рыбопродукцией (0,75) и среднюю с устойчивостью к гипоксии и токсичности среды, т.е. на основании полученных при тестировании данных, можно предположить, что молодь карпа, выращенная на УОХ КГТУ, имеет не высокую рыбопродукцию и будет не устойчива к гипоксии.

Если оценивать качество личинок карпа, выращиваемого на УОХ КГТУ, то видно, что личинки имеют среднюю устойчивость к обезвоживанию (50% в среднем) и низкую к повышенной температуре, что свидетельствует о высокой чувствительности к неблагоприятным факторам и удовлетворительном качестве потомства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Селекция рыб / В.И. Ананьев, В.С. Кирпичников, В.Я. Катасонов [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1989. – 231 с.
2. Катасонов В.Я., Поддубная А.В. Методы сравнительной оценки продуктивности при селекции рыб // Аквакультура и интегрированные технологии: проблемы и возможности. Т.2. – М.: Россельхозакадемия, 2005. – С.138-145.
3. Виноградов В.К., Симонов В.М. Методика устойчивости личинок к обезвоживанию. В кн.: Биологические ресурсы внутренних водоемов. – М., 2000. – С. 114-125.
4. Симонова В.М, Ильсова Ю.И. Устойчивость к обезвоживанию у личинок среднерусского карпа // Инструкция по племенной работе с карпом в репродукторах и промышленных хозяйствах. – М.: ВНИИПРХ, 2001. – 45 с.
5. Катасонов В. Я., Дементьев В. Н. Экспресс-метод селекционной оценки личинок карпа // Инструкция по племенной работе с карпом в репродукторах и промышленных хозяйствах. – М.: ВНИИПРХ, 1996. – С. 15-20.

## **CHARACTERISTIC OF CARP LARVES GROWED ON THE TRAINING AND EXPERIMENTAL FARM OF KSTU**

Kurapova Tatyana Mikhailovna, PhD by Biology, Associate Professor of Department of Aquaculture, Biology and Diseases of Hydrobionts  
Molchanova Kseniia Andreevna, PhD by Biology, deputy head of Department of Aquaculture, Biology and Diseases of Hydrobionts

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",  
Kaliningrad, Russia, e-mail: tkurapova@inbox.ru; kseniya.elfimova@klgtu.ru

*When raising fish, special attention is paid to the quality of the offspring. A special place belongs to the methods of early diagnosis of quality at the age of larvae. The aim of the work was to assess the quality of carp larvae according to the methods used "Testing larvae for tolerance to dehydration" and "Testing carp larvae for resistance to high temperatures".*

УДК 639.3.03

### **ОПТИМИЗАЦИЯ И СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ АКВАКУЛЬТУРЫ НА ЧАСТНЫХ РЫБОВОДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ О. ИТУРУП (КУРИЛЬСКИЙ РАЙОН САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ)**

<sup>1</sup>Литвиненко Анна Владимировна, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры  
<sup>1,2</sup>Гринберг Екатерина Владимировна, без степени, аспирант ИМГиГ ДВО РАН, старший препод. кафедры

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сахалинский государственный университет» (СахГУ), Институт естественных наук и техносферной безопасности, кафедра экологии, биологии и природных ресурсов,  
Южно-Сахалинск, Россия, e-mail: litvinenko.av@bk.ru

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт морской геологии и геофизики» Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИМГиГ ДВО РАН), Южно-Сахалинск, Россия

*В статье, на основании личного опыта работы авторов, представлены практические рекомендации по оптимизации работы в направлении аквакультуры (рыбоводства) для частных рыбоводных предприятий, занимающихся искусственным воспроизводством и пастбищным рыбоводством в условиях о. Итуруп, входящего в состав южной группы Большой гряды Курильских островов. В последние годы на Итурупе введены в эксплуатацию и функционируют более 10 частных лососевых рыбоводных заводов. Экономический эффект работы построенных рыбоводных предприятий можно значительно улучшить, используя биологический подход и практические рекомендации профессионалов.*

Десятки водотоков и водоемов острова Итуруп, входящего в состав южной группы Большой гряды Курильских островов, самого крупного острова архипелага, пригодны для нереста тихоокеанских лососей, включая реки, ручьи и озера, воды которых впадают непосредственно в Охотское море. Условия нереста здесь довольно разнообразны, нерестилища расположены в руслах рек, в старицах, ключах и ручьях. Наличие такого богатого разнообразия нерестилищ на острове, отчасти объясняет установленный факт о том, что воды Итурупа являются зоной экологического оптимума для лососей [1; 2; 3].



Весьма эффективное искусственное разведение тихоокеанских лососей в Сахалинской области основано на грамотном сочетании его с уникальным естественным воспроизводством. На начало 2020 г. в Сахалинской области (по данным СКТУ ФАР) функционировало 65 лососевых рыбоводных заводов (ЛРЗ) различной формы собственности, из них на о. Итуруп – 16: «Курильский», «Рейдовый» (федеральные, в аренде у ЗАО «Гидрострой»); «Бухта Оля»; «Минеральный», «Китовый», «Лебединый», «Янкито», «Консервный», «Куйбышевский», «Озеро», «Саратовский», «Океанский», «Осенний», «Скальный», «Чекист» и «Зоркий» - являются частной собственностью.

Некоторые из этих заводов имеют значительный опыт и собственную стратегию ведения рыбоводного хозяйства; другие только недавно были построены и введены в эксплуатацию. Опыт искусственного воспроизводства (пастбищного рыбоводства) тихоокеанских лососей на таких заводах минимален, отсутствуют грамотные специалисты, имеющие специальное образование; ведение рыбоводного процесса происходит, зачастую, на основании копирования чужого опыта или по наитию. Некоторые владельцы бизнеса абсолютно убеждены, что для того, чтобы заниматься искусственным воспроизводством, не обязательно никаких специальных знаний и умений.

В ближайшем будущем, в Сахалинской области, различными субъектами хозяйствования планируется проектирование и строительство еще нескольких десятков рыбоводных предприятий. Это позволит в полной мере удовлетворить растущий спрос на высококачественный пищевой белок. Однако, успешное функционирование и экономическая эффективность работы ЛРЗ, будет зависеть, главным образом, от того, насколько грамотно спланировано ведение рыбоводных процессов и каковы профессиональные навыки специалистов, ответственных за это направление.

Стратегическое планирование искусственного воспроизводства рыб на любом предприятии должно строиться по принципу: «Сохраним и приумножим, не навредив». Работу направления «Аквакультура» на рыбохозяйственных предприятиях необходимо планировать так, чтобы с наименьшим вмешательством и нанесением ущерба природным популяциям получить наибольшую выгоду от вложенных средств. Другими словами – искусственное разведение рыб может и должно быть одновременно экологичным и экономически выгодным.

Для четкого, грамотного, своевременного планирования работ и развития полноценного и эффективного направления «Аквакультура» (искусственного воспроизводства водных биологических ресурсов и пастбищного рыбоводства), необходимо учитывать множество факторов и ответственно выполнять каждую задачу, даже если она кажется незначительной. В аквакультуре (рыбоводстве) нет и не может быть мелочей. Любое отклонение от оптимума, на первый взгляд мизерное и незначительное, неизбежно накапливается, многократно усиливается и возрастает в процессе онтогенеза и приводит, порой, к серьезным негативным последствиям, касающимся как качественных, так и количественных характеристик выпускаемой молоди тихоокеанских лососей [4]. От того, насколько точно будет выполнено каждое условие в обеспечении искусственного разведения лососей (или их пастбищного выращивания), в конечном итоге, будет зависеть не только качество и количество вернувшихся лососей (прямая экономическая выгода), но и сохранность веками сложившегося биологического разнообразия в водотоках (отсроченные экономическая и экологическая выгоды).

Многие водотоки находятся в ведении субъекта хозяйствования всего несколько десятков лет и поэтому важно понять, что разрушить веками сложившееся, но очень хрупкое равновесие очень легко. В то же время, понимая биологические и экологические закономерности экосистем, это равновесие можно достойно сохранить, преумножить и обеспечить процветание компании на долгие годы. В результате четкого понимания сущности и цели проводимых мероприятий, от незначительных до самых крупных, и неукоснительного соблюдения биотехники искусственного разведения тихоокеанских лососей, в ближайшее время увеличится эффективность работы всех ЛРЗ, входящих в состав компании. Популяционная структура разводимых видов при этом не будет нарушена, а условия для развития продукции будут оптимальными.

*Для увеличения эффективности работы ЛРЗ стратегически важно выполнять следующие рекомендации:*

1. Решить кадровый вопрос. Несмотря на высокую исполнительскую дисциплину, работники, не владеющие даже азами знаний о биологии, экологии лососей и их искусственном разведе-

нии, не способны адекватно и быстро реагировать на постоянно возникающие вопросы и проблемы и осуществлять благополучное ведение производственного процесса. От знаний, навыков и умений специалистов-рыбоводов, в конечном итоге, зависит экономическая эффективность работы предприятия. Специалисты на рыбоводных предприятиях, должны уметь разрабатывать, прогнозировать и осуществлять плановое ведение искусственного разведения тихоокеанских лососей таким образом, чтобы обеспечить оптимальные экологические условия развития продукции и сроки наступления и прохождения всех этапов рыбоводного цикла.

Ответственность и профессиональная подготовка – вот основные критерии подбора специалистов для работы в области искусственного разведения или пастбищного выращивания лососей. Подбор квалифицированных кадров изначально формирует платформу для значительной экономической эффективности всего предприятия.

2. Строго соблюдать все биотехнические и экологические требования в процессе искусственного разведения лососей, т. е. регулировать, контролировать и приближать условия во всех производственных этапах к оптимальным, а также строго и неукоснительно выполнять биотехнику искусственного разведения лососей. Это обеспечит высокую экономическую эффективность рыбоводства и работы предприятия. В противном случае, каждое неграмотное действие или бездействие неизбежно приведут к большим или меньшим экономическим потерям [5; 6].

3. Четко выполнять планы ветеринарно-санитарных и лечебно-профилактических мероприятий. Планы составлять с учетом специфических особенностей каждого ЛРЗ и выполнять их не формально, а фактически [7]. Борьбу с эктопаразитоносительством (например, триходиноносительством) будет гораздо лучше осуществлять щадящими экологическими способами – солевые ванны или солоноватая вода, уменьшение плотности посадки мальков, смена воды (резкое изменение температуры воды – градиент 3-4°C) и другие.

4. Создавать искусственно разводимую группировку рыб (ИРГР) необходимо с первых шагов работы рыбоводного предприятия: с организации отлова и выдерживания производителей, со сбора зрелых и качественных половых продуктов от них, с первой закладки икры и т. д. И начинать эту работу следует задолго до сбора икры. Успех работы любого ЛРЗ начинается со значительной подготовительной, в том числе и предпутинной подготовки – это и составление графиков пропуска производителей на естественные нерестилища и их изъятия для целей искусственного разведения, графиков сбора икры и моделей терморегуляции на протяжении всего рыбоводного цикла, и подготовка инкубационного и рыбоводного оборудования, и многое другое. Важно не только грамотно составить графики, но и воплотить их в действительности, причем делать это необходимо со всей ответственностью и пониманием.

Важно учитывать тот факт, что время (сроки подходов), пол, возраст и другие характеристики возврата производителей, генетически обусловлены и наследуются. То есть, возврат будет происходить в те же сроки и с той же интенсивностью, с которой на ЛРЗ эксплуатируют родительское поколение для закладки икры на инкубацию. Если владельцы частного бизнеса настроены использовать нерестовые популяции максимально длительно и без потерь, то производителей для закладки икры необходимо использовать пропорционально от всех частей возврата: примерно по 25% от начала и окончания хода и 50% от середины хода. Поэтому мы рекомендуем учитывать правило «25x50x25» и факт наследования возрастной, половой, пространственной и временной структур в ИРГР, при составлении графиков пропуска производителей на естественные нерестилища, изъятия для искусственного воспроизводства и сбора икры [8].

Только при соблюдении пропорций, рекомендованных рыбоводам в устном обращении Ю.П. Алтуховым, при пропуске производителей на естественные нерестилища, при их изъятии для целей искусственного разведения и при сборе икры, будет сохранено биоразнообразие на всех уровнях и подходы лососей будут предсказуемыми, закономерными, управляемыми и экономически выгодными.

5. Закладывать икру горбуши и выпускать ее мальков в количествах, соизмеримых с количеством выпускаемой кеты. Горбуша – раносозревающий, быстрорастущий вид [9;10;3]. При довольно значительном стрейнге, возврат ее в Курильские реки практически гарантированно происходит со значительной численностью [11;4;2;12;13], поэтому полный отказ от ее искусственного разведения – огромная стратегическая ошибка.

6. Тщательно продумывать вопросы, касающиеся структурных особенностей ИРГР кеты, в частности, её возрастной структуры. Для этого необходимо на протяжении нескольких лет планомерно и методично выполнять биологические анализы производителей с определением возраста по чешуе. На основании накопленных в течение ряда лет сведений можно судить о возрастной структуре ИРГР и своевременно корректировать сроки и количество собранной и заложеной икры.

7. На протяжении трех-пяти лет участвовать в программе массового маркирования кеты и горбуши. К примеру, кета, маркированная в 2019 году и выпущенная в 2020 году, будет возвращаться для нереста в 2022 (2+), 2023 (3+), 2024 (4+) и в 2025 (5+) гг., а горбуша, маркированная в 2019, вернется в 2021 году. То есть, чтобы проследить за распределением лососей, выпущенных с ЛРЗ в заливы острова, необходимо создать возможно более плотную их концентрацию на путях миграций и нагула, исходя из того, что от каждых 100 штук покатников кеты вернется всего 3-5 штук, а от 100 штук выпущенных мальков горбуши вернется 5-7 штук половозрелых рыб.

Отолитное маркирование – важный инструмент для определения официальных возвратов, в том числе и с учетом изменяющейся законодательной базы, которая сегодня, по умолчанию, принимает возврат кеты (коэффициент изъятия) равным 1,5% для всех Сахалинских ЛРЗ, занимающихся пастбищной аквакультурой, при выпуске молоди со средней массой не менее 1 г [14]. Кроме того, маркирование отолитов является одним из важнейших условий для дальнейшей сертификации промысла.

8. Сертифицировать промысел. Для освоения рынка за рубежом в ближайшие 10 лет, проведение сертификации лососевого промысла – необходимое условие. Процедура прохождения сертификации весьма сложная и длительная, ей предшествует ряд подготовительных мероприятий (FIP), в частности, проведение полного биологического анализа (ПБА) всех рыб, встречающихся в уловах предприятия за 10-15 последних лет; данные о заполняемости рек и другие параметры [15].

9. При наличии естественных водоемов (озер) возможна организация подращивания молоди на их мелководных участках, при этом будет использован природный трофический потенциал. Однако, проведение опытных работ по подращиванию молоди горбуши и кеты в естественных водоемах необходимо тщательно прорабатывать на основе научных подходов и согласовывать со специалистами СКТУ ФАР и Сахалинского филиала ФГБУ «Главрыбвод». Данным опытным работам должен предшествовать обстоятельный фактический, а не формальный анализ всех экологических условий, которые сложились в водоеме в настоящее время. Для этого лучше провести исследование приемной емкости водоема и его трофической базы.

Принцип «сначала сделаем – потом подумаем» в данном случае неприемлем и сопряжен с большими экономическими рисками.

10. Планы, связанные со строительством новых рыбоводных предприятий, детали их проектирования, строительства и рыбоводно-биологическое обоснование необходимо прорабатывать и обсуждать с экспертами, во избежание потерь средств и времени. Недопустимо копирование не только чужого опыта, но и своего, пусть даже и весьма успешного и качественного, поскольку условия в каждом конкретном месте и на каждом отдельном ЛРЗ отличаются диаметрально и характеризуются своей экологической спецификой.

11. Учитывать экотип и специфические особенности разных форм осенней кеты – озерной и речной при её искусственном разведении. Озерная форма кеты специфична по своим предпочтениям в выборе нерестилищ, производители ее нуждаются в длительном пребывании в пресноводном водоеме для созревания половых продуктов; молодь озерной кеты после выпуска около месяца нагуливается в озере, используя при этом естественную кормовую базу. Сохранение биологического разнообразия на популяционном уровне в данном случае - прямая обязанность и ответственность субъекта хозяйствования. С точки зрения экономической выгоды разведение озерного экотипа кеты позволит получать товарную продукцию более высокого качества за счет сохранения критериев «первосортности» кеты, заходящей в озеро для преднерестового созревания.

12. Провести или заказать исследования, касающиеся оптимальной величины коэффициента упитанности у молоди кеты и горбуши при выпуске с ЛРЗ, увязав их с долей промыслового возврата и степенью завершенности смолтификации.

Практическое применение вышеизложенных рекомендаций в короткие сроки окупится значительным увеличением эффективности работы рыбоводных предприятий.

*Кратко перечислим самые очевидные «выгоды» оптимизации направления «Аквакультура»:*

1. Учитывая оптимальные условия для нагула молоди кеты в районе острова Итуруп, в том числе и в Куйбышевском заливе [1;16;3], при условии строгого соблюдения биотехники искусственного разведения горбуши и кеты, а также создания оптимальных экологических условий для рыбоводной продукции на всем протяжении каждого рыбоводного цикла, с большой долей вероятности можно рассчитывать на промысловый возврат производителей кеты, как минимум равный 3-5%, горбуши – 5-7% и больше. Промысловый возврат по кете 3-5% – это от 97,5 до 162,5 тонн производителей со средней массой 3,25 кг, от каждого выпущенного миллиона мальков. А от каждого выпущенного миллиона мальков горбуши, 5-7% возврат позволяет вылавливать от 67,5 до 94,5 тонн производителей со средней массой 1,35 кг.

2. Соблюдение биотехники искусственного разведения позволяет увеличить как количество собранной икры (на 38-44%), так и количество выпущенных мальков (на 10-15%). В период проведения путинных работ по сбору икры кеты, например, за счет соблюдения биотехники и создания оптимальных условий среды, дополнительно, от каждой выделенной для изъятия тонны производителей, получают: 80 штук производителей к сбору икры (по 40 штук самок и самцов) от которых можно дополнительно получить 20,0 кг икры-сырца или собрать 102,0 тыс. шт. живой свежеоплодотворенной икры. Соблюдение вышеперечисленных условий на протяжении всего рыбоводного цикла в процессе инкубации икры, выдерживания предличинки и подращивания молоди, позволит получить дополнительно 100,0-150,0 тыс. шт. мальков сверх каждого выпущенного миллиона [5].

3. Существенное увеличение количества продукции на всех этапах биотехнической цепочки тесно связано с улучшением ее качественных характеристик, показателей здоровья и увеличением резистентности организма на эмбриональном, личиночном и мальковом этапах развития, а это даже более выгодно, чем увеличение количества выпущенных мальков. «Лишнюю» продукцию всегда можно выгодно продать (это производители, икра-сырец, свежеоплодотворенная икра, икра на стадии пигментации глаз, личинки и мальки) или, при наличии собственных производственных мощностей, вырастить, выпустить и дожидаться дополнительного промыслового возврата. Качественная, физиологическая полноценная, здоровая продукция позволяет получить не только дополнительный возврат в штуках и тоннах, но и значительно улучшить товарные качества рыб в возврате, такие как внешний вид, упитанность, консистенция и цвет мышечной массы и другие [17;4].

4. При организации процесса искусственного рыборазведения на основе знаний биологических основ рыбоводства и специфических особенностей литофильных лососевых рыб, становится возможным планирование как сроков сбора и количества икры для закладки, так и сроков и объемов рыбодобычи, рыбообработки, а также транспортной логистики. Это один из мощных рычагов увеличения экономической эффективности работы.

Итак, мы привели дюжину, самых важных и значимых, рекомендаций для повышения эффективности работы рыбоводных предприятий, а также показали часть очевидных экономических «выгод» от грамотной и экологически выверенной организации работ по искусственному разведению тихоокеанских лососей. Конечно, этих рекомендаций, да и «выгод» гораздо больше, но и тех, что включены в статью, вполне достаточно для организации на ЛРЗ экономически и экологически эффективного искусственного разведения лососей.

Нерешенным остался один вопрос – а что мешает рыбоводным предприятиям добиваться значительной эффективности своей работы: увеличения промыслового возврата, снижения себестоимости выращивания одного малька, сокращения затрат на приобретение кормов, оптимизацию затрат на электричество, топливо, людские ресурсы и многое другое. Авторы считают, что основная проблема неэффективного рыбоводства – это неграмотные, недобросовестные и безответственные кадры, которые не соблюдают биотехнику искусственного разведения рыб и бездумно совершают порой непоправимые ошибки [18;19;20]. Доверив такое ответственное и дорогостоящее направление, как «Аквакультура», специалисту, не обладающему опытом и специальными компетенциями, владелец частного бизнеса заведомо, добровольно обрекает свое дело на потери, порой весьма значительные. Кроме финансовых потерь предприятия, вмешательство безграмотных рыбоводов в сложившееся биологическое разнообразие в арендованных водотоках и водоемах

чревато необратимыми последствиями в отдаленной перспективе, масштабы которых могут иметь характер экологического бедствия.

Владелец бизнеса должен четко понимать, что абсолютно все ошибки и нарушения, неграмотные действия или бездействие «специалистов»-рыбоводов неминуемо приводят к одному – качественному и количественному сокращению промыслового возврата.

Таким образом, одними из основных предпосылок для преуспевания частного рыбохозяйственного предприятия и управления собственным лососевым хозяйством, можно считать стратегическое планирование и грамотное ведение направления «Аквакультура» компетентными и ответственными специалистами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванков В.Н. Локальные стада горбуши о. Итуруп // Изв. ТИНРО, Владивосток, – т. 65, 1986. – С. 49-74.
2. Литвиненко А.В., Христофорова Н.К., Гринберг Е.В. Традиции и новое в искусственном воспроизводстве тихоокеанских лососей Курильского района (часть 1) // Рыбное хозяйство. – 2019. - № 2. – С. 70-76.
3. Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России. Том 1. - Владивосток: ТИНРО-центр. - 2001. - 580 с.
4. Ефанов В.Н., Бойко А.В. Экологические особенности и оптимизация условий искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей на современных рыбоводных заводах Сахалинской области. Серия «Монографии учёных Сахалинского государственного университета» Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ, 2014. – 124 с.
5. Гринберг Е.В. Об основных ошибках при взятии зрелых половых продуктов у тихоокеанских лососей, осеменении икры и подготовке ее к инкубации в условиях лососевых рыбоводных заводов Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: материалы III Национальной научно-практической конференции, Казань, 3-5 октября 2018 г. / под ред. А. А. Васильева – Саратов: Амрит, 2018. – С. 60-65.
6. Гринберг Е.В. Увеличение мощности лососевых рыбоводных заводов без дополнительных затрат Прибрежно-морская зона Дальнего Востока России: от освоения к устойчивому развитию: Всероссийская научная конференция с международным участием, посвященная 20-летию Международной кафедры ЮНЕСКО «Морская экология» ДВФУ (Владивосток 8-10 ноября 2018 г.): сборник материалов / [науч. ред.: Н. К. Христофорова, В.Ю. Цыганков]. – Владивосток: Изд-во Дальневост. федерал. ун-т, 2018. – С. 41-43.
7. Методические рекомендации по лечению и профилактике заболеваний лососевых на рыбоводных заводах // Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. – М.: Отдел маркетинга АМБ-агро, 1998. – С. 170–194.
8. Алтухов Ю.П., Салменкова Е.А., Омельченко В.Т. Популяционная генетика лососевых рыб. - М.: Наука. - 1997. - 288 с.
9. Гриценко О.Ф. Экология и воспроизводство кеты и горбуши. - М.: Агропромиздат. 1987. 166 с.
10. Ефанов В.Н. Организация мониторинга и моделирование запасов популяций рыб: монография. – Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ, 2003. – С. 47-49.
11. Рыбы Курильских островов (под ред. О.Ф. Гриценко). – М., Изд-во ВНИРО. – 2012. – 384 с.
12. Литвиненко А.В., Христофорова Н.К., Гринберг Е.В. Традиции и новое в искусственном воспроизводстве тихоокеанских лососей Курильского района (часть 2) // Рыбное хозяйство. – 2019. - № 3. – С. 90-96.
13. Литвиненко А.В., Христофорова Н.К., Гринберг Е.В. Сохранение запасов тихоокеанских лососей в Сахалино-Курильском регионе // Сборник материалов VII Международной научной конференции «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов» в рамках Балтийского морского форума, 7-12 октября 2019. - г. Калининград. – С. 32-40.

14. Методика расчета объема подлежащих изъятию объектов аквакультуры при осуществлении пастбищной аквакультуры (Приложение к приказу Минсельхоза России от 26 декабря 2014 г. № 534).

15. Отчет по результатам предварительной сертификации промыслов тихоокеанских лососей острова Сахалин согласно стандартам Морского Попечительского Совета для неправительственной организации «Сахалинская лососевая инициатива» // MRAG Americas, Inc. – 2008. – 58 с.

16. Чупахин В.М. Естественное воспроизводство южнокурильской горбуши // Труды ВНИРО. – 1975. – Т. 106. – С. 76–77.

17. Зиничев В.В., Леман В.Н., Животовский Л.А., Ставенко Г.А. Теория и практика сохранения биоразнообразия при разведении тихоокеанских лососей // Тихоокеанские лососи: Состояние. Проблемы. Решения. — М.: изд-во ВНИРО, 2012. — 240 с.

18. Гринберг Е.В., Литвиненко А.В. О подъёме на плав и переводе на внешнее питание личинок кеты (*Oncorhynchus keta*) в условиях лососевых рыбоводных заводов Сахалинской области БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: материалы VII Международного Балтийского морского форума 7-12 октября 2019 года [Электронный ресурс]: в 6 томах. Т. 3. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов», VII Международная научная конференция. - Электрон. дан. - Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2019. - 1 электрон. опт. диск. – С. 10-18.

19. Гринберг Е.В. Типичные ошибки и нарушения биотехники искусственного разведения тихоокеанских лососей. Часть 1 Журнал «Рыбоводство и рыбное хозяйство». – 2020. – № 7 (174). – С. 50-57.

20. Гринберг Е.В. Типичные ошибки и нарушения биотехники искусственного разведения тихоокеанских лососей. Часть 2 Журнал «Рыбоводство и рыбное хозяйство». – 2020. – № 8 (175). – С. 13-23.

## **OPTIMIZATION AND STRATEGY OF AQUACULTURE DEVELOPMENT AT PRIVATE FISHING ENTERPRISES OF ITURUP ISLAND, KURIL DISTRICT, SAKHALIN REGION**

<sup>1</sup>Litvinenko Anna Vladimirovna, PhD Biol. Sciences, associate Professor

<sup>1,2</sup>Greenberg Ekaterina Vladimirovna, without a degree, postgraduate IMGIG DVO RAS, senior lecturer

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Sakhalin State University (SakhSU), Institute of Natural Sciences and Technosphere Safety, Department of Ecology, Biology and Natural Resources,  
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, e-mail: litvinenko.av@bk.ru

<sup>2</sup>Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (IMGiG DVO RAS),  
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

*The article, based on the personal experience of the authors, presents practical recommendations for optimizing work in the direction of aquaculture (fish farming) for private fish breeding enterprises engaged in artificial reproduction and pasture fish farming in the conditions of about. Iturup, which is part of the southern group of the Great ridge of the Kuril Islands. In recent years, more than 10 private salmon hatcheries have been commissioned and operate on Iturup. The economic effect of the operation of the built fish hatcheries can be significantly improved using a biological approach and practical recommendations of professionals.*

## **НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АКВАКУЛЬТУРЕ: КРАТКИЙ ОБЗОР**

Литовченко Валентина Степановна, магистрант  
Ивашко Евгений Евгеньевич, канд. физ.-мат. наук

ФГБУН Карельский научный центр, Лаборатория цифровых технологий регионального развития,  
Петрозаводск, Россия, e-mail: va.lentina97@yandex.ru; ivashko@krc.karelia.ru

*Цифровая трансформация традиционных отраслей ведет к значительным изменениям бизнес-процессов. При этом, скорость внедрения и эффект от инноваций во многом зависят от результатов пионерских исследований и успеха пилотных внедрений. В работе представлен краткий обзор научных работ и прикладных разработок, направленных на внедрение современных информационных технологий и Интернета вещей на предприятиях аквакультуры.*

### **Введение**

Отрасль аквакультуры, относящаяся к сельскому хозяйству, до сих пор имеет его характерные черты: высокие риски, низкую автоматизацию труда, зачастую устаревшие технологии и технологические процессы. Новые информационные технологии и Интернет вещей обещают значительные изменения бизнес-процессов предприятий аквакультуры.

В последние годы в компьютерной технике наблюдается стремительный прогресс: миниатюризация, компьютеризация всех сфер, проникновение Интернет, новые программные технологии (искусственный интеллект, дополненная реальность и др.) уже изменили многие традиционные отрасли. Отдельные современные рыбоводческие хозяйства в развитых странах уже отличаются высоким уровнем компьютеризации производственных процессов; рынок «умного» оборудования и специализированного программного обеспечения для аквакультуры составил 10-15 млрд. \$, при этом отдельно выделяют рынок «точного рыбоводства» (precision aquaculture), который уже набирает 398 млн.\$ [1]. Значительный эффект предприятиям дают автоматизированные учетные системы («журнал рыбовода»), системы планирования и системы мониторинга параметров воды на основе Интернета вещей. Преимущества таких систем в том, что они, с одной стороны, не требуют значительных инвестиций и изменения налаженных бизнес-процессов, а с другой стороны, позволяют иметь оперативную информацию на всех уровнях управления, осуществлять непрерывный мониторинг и контроль, снижать риски и повышать предсказуемость деятельности предприятия. Однако существует еще целый ряд технологий, которые пока не получили широкого применения на предприятиях аквакультуры, однако будут широко использованы при развитии концепции «Аквакультура 4.0» [2]. Использование новых информационных технологий призвано помочь в решении задач устойчивого выращивания рыбы и совершенствования методов кормления в аквакультуре.

В работе представлен обзор ряда перспективных разработок и направлений модернизации предприятий АС с использованием программных инструментов и Интернета вещей.

### **Облачные программные системы управления**

Программные системы управления предприятиями аквакультуры являются наиболее понятными и доступными представителями информационных технологий. Такие системы позволяют объединить разнородные потоки данных, обеспечить совместный доступ и совместную работу работников предприятия, обеспечить визуализацию и интеллектуальный анализ данных, поддержку принятия решений и др.

Современные рыбоводческие хозяйства в развитых странах отличаются высоким уровнем использования систем управления предприятиями аквакультуры, но использование их на отечественных предприятиях сдерживается вопросами информационной безопасности, низким проникновением Интернет и электричества на хозяйствах, а также низкой осведомленностью руководителей и владельцев предприятий о возможностях программных систем. Кроме того, до сих пор на предприятиях встречаются привычные, но устаревшие программы, которые устанавливаются на отдельный компьютер, и получение доступа к данным возможно только с этого компьютера. Как правило, подобные программы также не имеют необходимого функционала в части, например, оповещений по сотовой связи, интеграции с датчиками, средств анализа.

Примером системы управления предприятием аквакультуры является также «облачная» программа FishWeb [3], которая изначально создавалась в рамках международного исследовательского проекта «Cross Border Business Opportunities Creation Empowered by Modern IT and IoT Technologies (KA4033)» [4] программы приграничного сотрудничества «Карелия» (СВС Karelia [5]). Основная идея исследовательского проекта – разработка инновационных технологий на базе современных информационных технологий и Интернета вещей для предприятий отрасли аквакультуры. Программная система управления рыбоводческим хозяйством FishWeb предназначена для ведения реестра операций рыбоводства, хранения и анализа данных показателей приборов, планирования работ и др. Система выполнена по модульному принципу и состоит из набора частично независимых модулей, интегрирующихся между собой: подсистем «Журнал рыбовода», «Руководитель», «Оборудование» и других. Другие примеры подобных программ представлены, например, в [6], [7] и [8].

### **Сенсоры Интернета вещей для контроля качества воды**

Наиболее востребованное направление автоматизации предприятий аквакультуры — это сенсоры контроля качества воды. Наиболее актуальной эта задача является для УЗВ, где водоподготовка имеет критическую важность, однако и на садковых хозяйствах ведется постоянный мониторинг качества воды. Для решения этой задачи разрабатываются системы, объединяющие на основе технологий Интернета вещей разнородные сенсоры (контроля температуры, объема растворенного кислорода, аммиака, солености, pH) (см. [9, 10, 11, 12]). Как правило, датчики делаются достаточно простыми, состоящими из одного или нескольких сенсоров и блока передачи данных. Для связи с блоком приема данных (роль которого может выполнять промышленный компьютер [13]) используется, например, технология LoRa ([14]), обеспечивающая низкое энергопотребление, большую дальность передачи данных и независимость от покрытия сотовой связи.

Мониторинг осуществляется в режиме онлайн (с задержками порядка 5-10 секунд между получением данных и их доступностью), а данные передаются в облачную систему управления предприятием. При этом, обеспечивается механизм экстренных оповещений по телефону, электронной почте или посредством специальной сигнализации.

Отмечается высокая полезность подобных систем мониторинга качества воды, в частности, улучшение экологического контроля, снижение ущерба от аварий и стихийных бедствий, снижение затрат на управление окружающей средой, возможности повышения товарной массы продукции.

### **Дополненная реальность**

Одно из перспективных направлений развития программных систем управления предприятием аквакультуры — это использование дополненной реальности. Дополненная реальность (англ. augmented reality, AR) — это результат введения в поле восприятия любых сенсорных данных (обычно визуальных) с целью дополнения сведений об окружении и улучшения восприятия информации.

Ярким примером исследовательского проекта, направленного на внедрение элементов дополненной реальности в бизнес-процессы предприятий аквакультуры, является работа [15]. Исходная проблема, которая послужила толчком к использованию дополненной реальности является оторванность пользователя (например, рыбовода на хозяйстве) от источников накопленных дан-



ных даже если они собираются в облачную программную систему управления. Так, отсутствие под рукой компьютера не позволяет работникам садковых хозяйств оперативно принимать решения на основе имеющейся информации (например, показателях качества воды, текущей навеске рыбы, режиме кормления и др.), использование смартфона затруднено необходимостью выполнять рабочие операции и риском утопления устройства.

Для решения описанной проблемы предлагается использование специальных очков с поддержкой дополненной реальности (в частности, Google Glass Enterprise Edition 2), обладающих устойчивостью к воздействию воды и пыли. Разработанное решение имеет поддержку визуализации информации, для чего данные извлекаются из облачного сервиса и выполняется визуализация временные ряды прямо на стекле очков. Методы оптического распознавания символов используются для извлечения показаний состояния воды, отображаемые на сенсорном блоке, и загрузки их в облачный сервис. Пользователь может активировать интерфейс проекционного дисплея, который отображает детали сфокусированного пруда рукой или взглядом. При этом, предлагается мультимодальное взаимодействие, которое сочетает в себе голос, естественный жест руки и взгляд для взаимодействия и выполнения задач анализа (например, запросов и манипулирования несколькими графиками данных и тепловыми картами). Например, пользователь может использовать «взгляд и голос», чтобы запускать графики определенного пруда и манипулировать ими с помощью жестов рук.

### **Нейронные сети, экспертные системы и искусственный интеллект**

Использование технологий Интернета вещей позволяет значительно повысить объемы собираемых данных, которые могут быть использованы для повышения эффективности производственных процессов. Для анализа данных могут быть использованы как классические методы статистического анализа, так и получившие развитие в последние годы.

В работе [16] описано использование экспертной системы на базе нейронных сетей для обеспечения анализа данных о внешних условиях. Особенностью системы является механизм автоматизированного обогащения базы знаний с помощью новых данных. Также методы искусственного интеллекта и предиктивная/предписывающая аналитика позволяют создавать системы поддержки принятия решений на уровне предприятия аквакультуры, что снижает производственные риски и повышает производительность труда.

Другой подход используется в работе [17]: для анализа данных используются специально разработанные математические модели, позволяющие выполнять классификацию данных и прогнозирование на их основе.

Видеоаналитика также предоставляет целый пласт ценных данных [18]. Наблюдение за поведением рыбы, анализ данных нейронными сетями и методами распознавания образов находят свое место в контроле внешних признаков и поведения рыбы в целях скорейшего обнаружения заболеваемости, снижения затрат корма, контроля периметра хозяйства/садка и др.

С ростом объемов собираемых данных большое значение принимают большие данные (Big Data) и машинное обучение (machine learning) [19], которые позволяют анализировать собираемые в процессе работы предприятия, структурированные и неструктурированные данные о внешних и внутренних факторах, влияющих на рост и другие характеристики рыбы. Взаимосвязь этих факторов с динамикой роста и качеством рыбы может быть определена с помощью методов машинного обучения.

### **Математическое моделирование и Цифровой двойник**

Математическое моделирование лежит в основе любой целостной системы управления предприятием аквакультуры. При этом, в последнее время получила распространение концепция цифрового двойника (digital twin): одно из перспективных направлений Индустрии 4.0, рассматривающее полную электронную «копию» предприятия, что позволяет просчитывать динамику развития предприятия, сценарии модернизации и роста производства. Попытки разработки технологий цифрового двойника для предприятия аквакультуры представлены, например, в работах [20] и [21]. В статье [22] определяется три типа данных, которые согласованно обрабатываются в цифровом двойнике: результаты измерений внутренних и внешних факторов, описание конфигурации и

конструкции системы (которая часто визуализируется в виде 3D-модели), наконец, результаты моделирования и анализа системы на основе полученных данных.

Цифровой двойник может стать очень мощным инструментом поддержки принятия решений. Текущее состояние предприятия всегда отражается цифровым двойником, и каждое действие, влияющее на предприятие, может быть протестировано и оценено до того, как действие действительно произойдет. Примеры таких действий - установка нового оборудования, планирование увеличения объемов производства, изменение технологических процессов и др.

### Заключение

Прогресс в развитии информационных технологий значимо воздействует и на традиционные производства, такие как аквакультура. Внедрение инноваций в аквакультуру направлено на снижение рисков производства, повышение производительности труда, снижение воздействия на экологию, решение других значимых проблем предприятий.

В статье представлены примеры исследований, направленных на разработку облачных программных систем управления предприятием аквакультуры, построение систем мониторинга качества воды на основе Интернета вещей, создание систем дополненной реальности, обеспечение интеллектуального анализа данных, разработку математических моделей и цифровых двойников.

Представленные технологии в ближайшем будущем займут свое место в отрасли аквакультуры и станут частью концепции Аквакультуры 4.0 и «точной аквакультуры».

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Precision Aquaculture Market Study 2019-2024: Anticipating a CAGR of 14% During the Forecast Period // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.globenewswire.com/news-release/2020/01/03/1965977/0/en/Precision-Aquaculture-Market-Study-2019-2024-Anticipating-a-CAGR-of-14-During-the-Forecast-Period.html> (дата обращения: 28.08.2020).
2. Aquaculture 4.0: applying industry strategy to fisheries management // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.governmenteuropa.eu/aquaculture-4-0/93038/> (дата обращения: 28.08.2020).
3. Программа для предприятий аквакультуры // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://fishweb.ru/> (дата обращения: 29.08.2020).
4. Cross Border Business Opportunities Creation Empowered by Modern IT and IoT Technologies (KA4033) // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.kareliacbc.fi/ru/projects/cross-border-business-opportunities-creation-empowered-modern-it-and-iot-technologies> (дата обращения: 29.08.2020).
5. CBC Karelia // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.kareliacbc.fi/index.php/ru> (дата обращения: 29.08.2020).
6. Digital Platform for Data Driven Aquaculture Farm Management / D. Piplani, D. Singh, K. Srinivasan et al. // IndiaHCT'15 2015. – 2015. DOI: 10.1145/2835966.2836277
7. AquaViewer Monitoring and Control App // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.ysi.com/aquaviewerII> (дата обращения: 28.08.2020).
8. AquaNetix // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.aquanetix.co.uk/> (дата обращения: 28.08.2020).
9. Back to the future: IoT to improve aquaculture Real-time monitoring and algorithmic prediction of water parameters for aquaculture needs / M. Lafont, S. Dupont, P. Cousin et al. // 2019 Global IoT Summit (GIoTS). – 2019. – P. 9-12. DOI: 10.1109/GIOTS.2019.8766436
10. The Design of Intelligent Monitor and Control System of Aquaculture Based on Wireless Sensor Networks / H. Minggong, De-An Zhao, W. Xia et al. // 2010 3rd International Conference on Computer Science and Information Technology. –2010. DOI:10.1109/ICCSIT.2010.5564771
11. N. Rosaline IoT Based Aquaculture Monitoring and Control System / N. Rosaline, S. Sathyalakshimi // Journal of Physics: Conference Series. -2019. – Vol. 1362. DOI:10.1088/1742-6596/1362/1/012071

12. Equipment and Intelligent Control System in Aquaponics: A Review / W. Yaoguang, L. Wenshu, D. An et al. // IEEE Access. – 2019. DOI:10.1109/ACCESS.2019.2953491
13. F. Antonucci Precision aquaculture: a short review on engineering innovations / F. Antonucci, C. Costa // Aquaculture International. -2019. –Vol. 28. –P. 41-57. DOI: 10.1007/s10499-019-00443-w
14. C. Dupont IoT for aquaculture 4.0 smart and easy-to-deploy real-time water monitoring with IoT / C. Dupont, P. Cousin, S. Dupont // 2018 Global Internet of Things Summit (GIOTS). –2018. DOI: 10.1109/GIOTS.2018.8534581
15. Mingze Xi An end to end augmented reality solution to support aquaculture farmers with data collection, storage, and analysis / Mingze Xi, M. Adcock, J. McCulloch // VRCAI '19: The 17th International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry. –2019. DOI:10.1145/3359997.3365721
16. Research on the Growth Model of Aquaculture Organisms Based on Neural Network Expert System / Changhui Deng, Yanping Gao, J. Gu et al. // 2010 Sixth International Conference on Natural Computation. –2010. DOI: 10.1109/ICNC.2010.5584492
17. J.P. Costa Data Analytics in Aquaculture / J.P. Costa, M. Rihtar – 2016.
18. Intelligent feeding control methods in aquaculture with an emphasis on fish: a review / Chao Zhou, Daming Xu, Kai Lin et al. // Reviews in Aquaculture. -2017. – Vol. 10. DOI: 10.1111/RAQ.12218
19. Implementation of water quality management platform for aquaculture based on big data / Zhibin Peng, Yuefeng Chen, Zehong Zhang et al. // 2020 International Conference on Computer Information and Big Data Applications (CIBDA). –2020. –P. 70-74. DOI: 10.1109/CIBDA50819.2020.00024
20. K. Staalesen Exploring the Digital Twin Concept for a Rigid Aquaculture Cage / Master's thesis in Marine Technology. –2019.
21. Digital Twin Technology for Aquaponics: Towards Optimizing Food Production with Dynamic Data Driven Application Systems / A.Ahmed, S. Zulfiqar, A. Ghandar et al. // Communications in Computer and Information Science. -2019. –P. 3-14. DOI:10.1007/978-981-15-1078-6\_1
22. D. B. Cameron Oil and Gas digital twins after twenty years. How can they be made sustainable, maintainable and useful? / D. B. Cameron, A. Waaler, T. M. Komulainen // Proceedings of The 59th Conference on Simulation and Modelling (SIMS 59). –2018. –P. 9-16. DOI:10.3384/ecp181539

## **NEW INFORMATION TECHNOLOGIES IN AQUACULTURE: A BRIEF REVIEW**

Litovchenko Valentina Stepanovna, Master's Degree student  
 Ivashko Evgeny Evgenievich, PhD in Physics and Mathematics

Laboratory for Digital Technologies in Regional Development, KRC of RAS,  
 Petrozavodsk, Russia, e-mail: va.lentina97@yandex.ru; ivashko@krc.karelia.ru

*The digital transformation of traditional industries is driving significant changes in business processes. At the same time, the speed of implementation and the effect of innovations largely depend on the results of pioneering research and the success of pilot implementations. The paper provides a brief review of scientific works and applied developments aimed at the introduction of modern information technologies and the Internet of things in aquaculture enterprises.*

## О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАРТОВЫХ КОРМОВ ДЛЯ РЫБ БЕЗ РЫБНОЙ МУКИ И РЫБЬЕГО ЖИРА

Лютиков Анатолий Анатольевич, канд. биол. наук  
Шумилина Алла Константиновна, канд. биол. наук  
Вылка Максим Михайлович, вед. специалист

Санкт-Петербургский филиал Всероссийского научно-исследовательского института  
рыбного хозяйства и океанографии (ГосНИОРХ им. Л.С. Берга),  
Санкт-Петербург, Россия, e-mail: tokmo@mail.ru

*Представлены материалы по выращиванию личинок муксуна *Coregonus muksun* с первых дней питания исключительно на экспериментальных кормах, один из которых содержит в своем составе рыбную муку и рыбий жир (контроль), а во втором эти компоненты заменены на соевый белковый концентрат и льняное масло (опыт), соответственно. Молодь муксуна, выращенная на опытном корме, по росту и выживаемости не уступала сверстникам, получавшим контрольную диету. Проведение биохимического анализа молоди из опыта показало относительно высокое содержание предельноненасыщенных жирных кислот – эйкозапентаеновой (0,9 %), докозагексаеновой (5,0 %) и арахидоновой (2,2), практически отсутствующих в корме (менее 0,5 %), что указывает на способность личинок сиговых к их синтезу.*

Наблюдавшийся до недавнего времени рост производства аквакультуры в последнее время имеет ограничения, связанные в первую очередь с дефицитом и удорожанием основных компонентов искусственных кормов – рыбной муки и рыбьего жира. Учитывая важность полноценных кормов в аквакультуре, особенно стартовых, необходим поиск альтернативных источников белков и липидов, близких по своим питательным свойствам с традиционными компонентами.

Среди наиболее перспективных белковых компонентов, способных выступить заменителями рыбной муки в кормах ранней молоди рыб, можно выделить протеин микробиологического синтеза, сопоставимый по некоторым показателям (уровню белка, незаменимым аминокислотам, высокому содержанию нуклеиновых кислот и др.) с естественной пищей личинок рыб – зоопланктоном [1]. Кроме того, в настоящее время в кормах для рыб все чаще используются белки растительного происхождения, однако им больше находится применение в кормах старших возрастных групп рыб, чем в стартовых и личиночных кормах, из-за более избирательной пищевой потребности у ранней молоди.

К доступным заменителям рыбьего жира в кормах для ранней молоди рыб можно отнести, в первую очередь, растительные фосфолипиды и масла. Фосфолипиды в целом признаны незаменимым фактором в период интенсивного начального роста ранней молоди рыб [2], а среди масел, наиболее подходящим для стартовых кормов, по нашему мнению, выступает льняное, являющееся лидером среди растительных масел по содержанию n-3 кислот. На долю последних в льняном масле приходится до 53% от общего содержания липидов, в основном представленных материнской, линоленовой (18:3 n-3, ALK), кислотой n-3 ряда. Тем не менее, для нормальной жизнедеятельности рыб в раннем онтогенезе, особенно обитающих в холодноводных условиях, требуются высоконенасыщенные длинноцепочные жирные кислоты, такие как эйкозапентаеновая (20:5 n-3, EPA) и докозагексаеновая (22:6 n-3, DHA), считающиеся незаменимыми. Данные кислоты, по мнению специалистов, у личинок морских рыб не могут быть синтезированы эндогенно, либо синтезируются в недостаточном количестве, чтобы удовлетворить их физиологические потребности [3].

Учитывая вышесказанное, в рамках настоящего исследования нами были определены следующие задачи:

- разработать и оценить возможность использования стартовых кормов без рыбной муки и рыбьего жира для культивирования личинок сиговых видов рыб на примере муксуна *Coregonus muksun*;
- исследовать способность ранних личинок муксуна обеспечивать собственные потребности в незаменимых высоконенасыщенных жирных кислотах за счет эндогенного синтеза.

## Материал и методы исследования

Работы по испытанию экспериментальных стартовых кормов для сиговых видов рыб проводили на рыбоводном хозяйстве ООО «Форват» (оз. Суходольское, Ленинградская обл.). В качестве объекта исследования был выбран ценный представитель ихтиофауны бореального комплекса – муксун.

Личинок муксуна после вылупления (возраст 0-1 суток) до начала питания рассаживали поштучно по 600 экз. (12 экз./л) в два экспериментальных бассейна объемом 65 л (фактический объем воды 50 л) с круговым током воды и водообменном 3 раза в час. Температура воды на момент начала опыта равнялась 5,9°C, O<sub>2</sub> – 11,2 мг/л, насыщенность 90%.

Живой корм в исследованиях не использовался, личинки получали исключительно искусственные диеты. К подкармливанию приступали в день посадки, корм давали каждый час с 8 до 22 ч. В первую неделю кормление осуществляли с избытком, далее расчет суточных норм корма и уход за молодь проводили в соответствии с рекомендациями ГосНИОРХ [4]. В качестве кормов выступали экспериментальные диеты для сиговых видов рыб, разработанные в лаборатории аквакультуры ГосНИОРХ [5]. Состав кормов и их питательная ценность приведены в табл. 1.

Таблица 1

### Особенности состава экспериментальных стартовых кормов для сиговых видов рыб и их питательная ценность

Компонент	Производитель	Корм, №	
		1	4
Рыбная мука	АО «Атлантрыбфлот», г. Калининград	●	×
Бактериальная биомасса	ООО «Гипробиосинтез», г. Москва	●	●
Сухой белок яйца	АО «Птицефабрика Роскар», Ленинградская обл.	●	●
Соевый кормовой концентрат «Протефид»	ЗАО «Партнер-М», Калужская обл.	×	●
Фосфолипиды соевые	ООО «Центр соя», Краснодарский край	●	●
Рыбий жир	ООО «Альфа-вета.ком», Санкт-Петербург	●	×
Льняное масло	«Бизнесойл», Московская обл.	×	●
Протеин, %		56	57
Жир, %		12	11

В ходе проведения экспериментов для контроля за ростом и для корректировки суточных норм кормления раз в неделю проводили регулярные контрольные обловы и взвешивания небольших выборок молоди муксуна (по 15 экз.) из бассейнов. В конце опытов определялась масса всей рыбы, и отбирались пробы личинок для анализов – морфометрического, биохимического, гематологического. Среднесуточный прирост (ССП) рассчитывали по уравнению Винберга [6] (1).

$$\text{ССП} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t} * 100 \quad (1)$$

ССП – среднесуточный прирост;

$W_1$  – начальная масса;

$W_2$  – конечная масса;

$t$  – временной период.

Содержание жира в теле рыб и в кормах устанавливали по Фолчу, витамин С – методом титрования экстракта витамина в соляной кислоте реактивом Тильманса [7]. Анализ липидного состава стартовых кормов и личинок проводили в ООО «МИП-АМТ» по заказу Санкт-Петербургского филиала «ВНИРО».

Мазки крови окрашивали по способу Паппенгейма – краситель-фиксатор Май-Грюнвальд с последующим докрасиванием азур-эозином по Романовскому. Число незрелых эритроцитов, отражающих интенсивность кроветворения, определяли на мазках под микроскопом при подсчете

200 клеток красной крови с вычислением процента встретившихся незрелых форм. Лейкоцитарную формулу определяли при подсчете 200 лейкоцитов с вычислением процента различных форм клеток белой крови (лимфоциты, полиморфноядерные лейкоциты, моноциты). О количестве лейкоцитов судили по числу лейкоцитарных клеток на мазках крови, обнаруженных при подсчете 500 эритроцитов [8].

Статистическую обработку материала проводили с использованием двустороннего критерия Стьюдента. Различия считались значимыми при уровне  $p \leq 0,05$ .

### Результаты и обсуждение

Несмотря на существенные различия в составе кормов, рост и выживаемость личинок муксуна в эксперименте имели близкие значения (табл. 2). В первый месяц выращивания тенденция к увеличению роста наблюдалась у молоди, получавшей корм с рыбной мукой и рыбьим жиром (№1), однако по окончанию исследований масса молоди не отличалась от таковой у личинок, выращенных на корме без рыбных компонентов (№4). Причиной ускоренного роста подрошенной от 70-100 мг молоди выступает как повышение температуры, так и становление пищеварительной функции личинок, связанное с началом функционирования желудка [5; 9]. Подобные физиологические изменения способствуют лучшей переваримости и усвояемости личинками белковых компонентов пищи, содержащей крупные пептиды, – рыбной муки и растительных протеинов.

Таблица 2

#### Рост и выживаемость личинок муксуна в эксперименте

Корм, №	Масса личинок, мг						Сv, %	ССП, %	Выживаемость, %	Ихтиомасса, г
	03.05	13.05	20.05	27.05	03.06	10.06				
	5,9°C	7,2°C	8,7°C	9,6°C	12,1°C	13,7°C				
1	6,86	9,9	16,1	29,8	54,6	132,8	20,3	8,0	79,2	64,6
4		9,5	15,1	25,8	47,3	136,2	18,9	8,1	82,4	69,0

**Примечание:** Сv – коэффициент вариации; ССП – среднесуточный прирост

Качественную оценку физиологического состояния выращенных рыб отражает гематологический и биохимический анализы. Анализ крови личинок муксуна в эксперименте указывает на достоверные различия в количестве лейкоцитов на 500 эритроцитов и проценте незрелых эритроцитов, которых больше у личинок, выращенных на кормах с рыбной мукой и рыбьим жиром (табл. 3). Тем не менее, значения обсуждаемых параметров по предварительным нормам укладываются в референсные значения [5]. Остальные исследуемые показатели крови муксуна (процент содержания лимфоцитов, полиморфноядерных лейкоцитов и моноцитов), получавших разные корма, имели близкие значения.

Таблица 3

#### Морфология клеток красной и белой крови у молоди муксуна, выращенного на экспериментальных кормах

Вариант опыта, №	Лимфоциты, %	Полиморфноядерные лейкоциты, %	Моноциты, %	Кол-во лейкоцитов на 500 эритроцитов, шт.	Незрелые эритроциты, %
1	89,3±1,8 82-96	2,4±0,9 0-9	5,4±1,1 2-14	15,4±2,3 * 4-26	7,6±0,8 * 6-13
4	91,9±1,4 82-97	1,9±0,7 0-6	6,0±1,0 2-12	12,0±0,3 * 6-29	5,2±0,3 * 4-7

**Примечание:** над чертой приведены среднее значение признака и его ошибка, под чертой – пределы варьирования признака.

\* - значения имеют достоверные отличия при  $p \leq 0,05$

Биохимические показатели подопытных рыб также отличались по большинству исследуемых параметров (табл. 4). Так, личинки муксуна, получавшие корма с рыбьим жиром и рыбной мукой, характеризовались более высокой жирностью (% в сыром веществе) и низким содержанием витамина С, чем молодь, выращенная на корме, в составе которого отсутствовали компоненты переработки рыбы.

Таблица 4

**Общий жир (% в сыром в-ве) и некоторые жирные кислоты  
(% от общего содержания липидов) в корме и теле молоди муксуна массой около 130 мг**

Вариант корма / опыта, №	Корм, №		Молодь	
	1	4	1	4
Витамин С, мкг/кг	-	-	57,3	64,9
Жир, %	11,7	11,2	3,6	3,0
Линоленовая 18:3 n-3	0,79	0,13	1,21	2,70
Эйкозапентаеновая 20:5 n-3	2,97	0,44	1,44	0,94
Докозагексаеновая 22:6 n-3	2,27	0,34	3,17	4,98
<b>Σ n-3</b>	<b>6,13</b>	<b>0,91</b>	<b>8,16</b>	<b>12,32</b>
Линолевая 18:2 n-6	20,53	25,45	18,46	19,22
Арахидоновая 20:4 n-6	0,33	0,07	1,11	2,19
<b>Σ n-6</b>	<b>23,32</b>	<b>25,94</b>	<b>22,40</b>	<b>22,62</b>
n-3/n-6	0,26	0,04	0,36	0,55
22:6 n-3/20:5 n-3	0,76	0,77	2,20	5,30

**Примечание:** «-» – анализ витамина С в корме не проводился.

Интересными представляются данные по жирнокислотному составу тела муксуна (табл. 4). Несмотря на низкое содержание в корме №4 наиболее важных для развития ранних личинок жирных кислот ряда n-3 и n-6, – эйкозапентаеновой, докозагексаеновой, материнской линоленовой и арахидоновой, их процент от общего содержания липидов в теле подращенных до 130 мг личинок, был выше, чем у одновозрастной молоди, получавшей корм с относительно высоким содержанием приведенных выше кислот (№1), что указывает на способность личинок сиговых к собственному синтезу незаменимых высоконенасыщенных жирных кислот. Учитывая данные по росту и выживаемости муксуна на корме без рыбной муки и рыбьего жира (№4), значения которых были не ниже, чем в контрольном варианте (№1), можно судить об удовлетворении личинками собственных потребностей в незаменимых кислотах за счет собственного синтеза.

### Заключение

По предварительным результатам исследования можно заключить, что личинки муксуна, выращенные с начала питания до 130 мг на экспериментальном стартовом корме без рыбной муки и рыбьего жира в составе, по рыбоводным показателям (рост и выживаемость) не уступают одновозрастной молоди, получавшей контрольный корм, содержащий в своем составе компоненты из переработанной рыбы (жир и муку).

Анализ жирнокислотного состава корма и выращенной на нем молоди указывают на возможность личинок муксуна синтезировать незаменимые высоконенасыщенные жирные кислоты для собственных потребностей.

В дальнейшем считаем актуальным проведение исследований по разработке и испытанию стартовых искусственных диет, не содержащих рыбную муку и рыбий жир, с первых дней питания личинок.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Остроумова, И.Н. Биологические основы кормления рыб. – СПб.: ГосНИОРХ, 2012. – 564 с.

2. Kanazawa, A. Essential phospholipids of fish and crustaceans // Fish Nutrition in Practice IV In-tern. Symp. on Fish Nutrition and Feeding, Biarritz (France), June 1991. – Ed. INRA. Paris, 1993. – P. 519–530.
3. Sargent, J.R., Henderson, R.J., Tocher, D.R. The lipids // In: Halver, J. Ed., Fish Nutrition, 2nd edn. – Academic Press, NY, – 1989. – P. 153–218.
4. Сборник методических рекомендаций по индустриальному выращиванию сиговых рыб для целей воспроизводства и товарной аквакультуры / Под ред. А.К. Шумиловой. – СПб.: ГосНИОРХ, 2012. – 289 с.
5. Включение в стартовые корма для сиговых рыб (Coregonidae) бактериальной биомассы и белковых гидролизатов / Остроумова, И.Н., Костюничев, В.В., Лютиков, А.А. Богданова, В.А. и др. // Вопросы рыболовства. – 2018. – Т. 19. – № 1. – С. 82–98.
6. Винберг Г.Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб. – Минск: Белорусский гос. ун-т, 1956. – 251 с.
7. Князева, Л.М. Рекомендации по увеличению сроков хранения гранулированного корма для молоди форели путем опрыскивания его водным раствором витамина С. – Л.: ГосНИОРХ, 1979. – 12 с.
8. Основы ихтиогематологии (в сравнительном аспекте). Житенева А.Д., Макаров Э.В., Рудницкая О.А., Мирзоян А.В. – Р. н/Дону: АзНИИРХ, 2012. – 320 с.
9. Лютиков, А.А. К методике использования живых кормов при выращивании личинок нельмы *Stenodus leucichthys nelma* (Salmoniformes: Coregonidae) // Вопр. рыболовства. – 2016. – Т. 17. №3. – С. 324–334.

## **ABOUT THE POSSIBILITY OF USING FEED FOR FISH WITHOUT FISH MEAL AND FISH OIL FROM THE FIRST DAYS OF NUTRITION**

Lyutikov Anatoliy Anatolievich, Senior Researcher, PhD  
Shumilina Alla Konstantinovna, Leading Researcher, PhD  
Vylka Maksim Mikhaylovich, Scientific Specialist

Saint Petersburg branch of the “Russian Federal Research Institute of Fisheries and oceanography” (“GosNIORKH” named after L.S. Berg),  
Saint-Petersburg, Russia, e-mail: tokmo@mail.ru

*Materials on growing muksun larvae Coregonus muksun from the first days of feeding exclusively on experimental feed are presented, one of which contains fishmeal and fish oil (control), and in the second, these components are replaced by soy protein concentrate and flaxseed oil (experiment). Juveniles of muksun reared on an experimental feed were not inferior to their peers by growth and survival rates who received a control diet. Biochemical analysis of juveniles from the experimental group showed a relatively high content of polyunsaturated fatty acids - eicosapentaenoic (0.9 %), docosahexaenoic (5.0 %) and arachidonic (2.2), which are practically absent in the feed (less than 0.5 %), which indicates the ability of whitefish larvae to synthesize them.*



## ОЦЕНКА КОРМОВ ДЛЯ ФОРЕЛИ НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ И ТОКСИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Решетникова Ольга Васильевна, канд. биол. наук, доцент, зав. кафедрой  
Осипова Татьяна Степановна, старший преподаватель

Лужский институт (филиал) ГАОУ ВО ЛО «Ленинградский государственный университет  
имени А.С. Пушкина»,  
г. Луга, Россия, e-mail: olga.resh56@yandex.ru; ostast@rambler.ru

*Аквакультура в нашей стране – одно из приоритетных направлений развития агропромышленного комплекса. Развитие рыбоводческих предприятий зависит от наличия устойчивой кормовой базы, способной обеспечить потребность рыбы в питательных веществах, а также их качественного состава на протяжении всего цикла выращивания. Важным условием эффективного развития промышленной аквакультуры является безопасность форелевой продукции до ее употребления на пищевые цели. Цель работы: оценить гранулированный корм по показателям безопасности. По содержанию тяжелых металлов и токсических элементов, бензапирена гранулированный корм для форели соответствует требованиям ГОСТ.*

В процессе производства аквакультуры одной из важных составляющих являются качественные корма. Чтобы разводить рыбу, наиболее ценную для потребителя, причем в больших объемах и в течение относительно короткого периода времени, важно хорошее качество кормов. Существует большое количество различных рыбных кормов, произведенных для разных видов, возрастных групп и целей [9]. В нашей стране в силу комплекса причин выращивание ценных пород рыб в хозяйствах практически полностью обеспечивается за счет импортных кормов.

Сырье является существенной составляющей в производстве готового рыбного корма, поскольку от него зависит качество конечного продукта, которое должно быть высоким. В настоящее время практически все объекты аквакультуры (форель, лосось, осетр и др. виды) выращиваются на кормах промышленного изготовления, производимых преимущественно методом экструдирования. Процесс экструдирования позволяет максимально повысить степень усвоения питательных веществ сырьевых компонентов, в том числе расщепить балластную клетчатку и преобразовать неусвояемый крахмал в более легкодоступные формы углеводов.

Разработка рецептов для каждой возрастной группы объектов аквакультуры учитывает возрастные изменения в их пищевых потребностях. Форель относится к хищным видам. Традиционный для нашей страны подход, при котором рыбы в значительной мере питаются за счёт организмов естественной кормовой базы пруда, в форелеводстве не применяют. Форель даже при низких плотностях посадки кормят искусственным кормом, преимущественно гранулированными и пастообразными кормами. Искусственное кормление является регулируемым процессом: рецептурный ассортимент корма, технология приготовления, метод кормления рыб.

В установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) форель кормят гранулированным кормом. Для рыб определенного возраста готовят гранулы разного размера (табл. 1).

Таблица 1

**Размер гранул для форели разного размера**

Масса рыб, г	Размер гранул, мм
До 0,2	0,4-0,6
0,2-1	0,6-1
1-2	1-1,5
2-5	1,5-2,5
5-15	3,2
15-50	4,5
50-200	6
Более 200	8

Оптимальным размером гранулы корма является величина около 1/3 от размера рта рыб. По питательности гранулированный корм отличается для разных размерно-возрастных групп форели, для молоди доля протеина выше.

Безопасность пищевых продуктов и здоровье человека должны учитываться при производстве рыбы. Помимо поддержания здоровья рыб в течение производственного периода, необходимо сохранять качество и безопасность рыбной продукции до ее употребления на пищевые цели (содержание тяжелых металлов, диоксинов, полихлордифенилов). Тяжелые металлы попадают в организм человека через загрязненный воздух, воду, почву, потребительские товары. Основным источником наличия тяжелых металлов в организме человека являются продукты питания, в том числе и рыбная продукция. Поэтому санитарными нормами нормируется содержание в рыбной продукции тяжелых металлов и токсичных соединений. Тяжелые металлы в отличие от органических веществ, не разлагаются, способны к перераспределению в организме человека. Поэтому необходимость проверки в кормах и рыбной продукции содержание тяжелых металлов является актуальной.

Анализ качественных показателей гранулированных кормов проводили в санитарно-химической лаборатории на базе филиала ФБГЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» г. Луга. Определяли содержание тяжелых и токсичных металлов в гранулированном корме, диаметр гранул 3,2 мм.

Определение массовой концентрации мышьяка в гранулированных кормах проводили инверсионно-вольтамперометрическим методом [1, 3, 6]. Концентрация мышьяка в исследуемых образцах была меньше предела обнаружения (рис. 1).

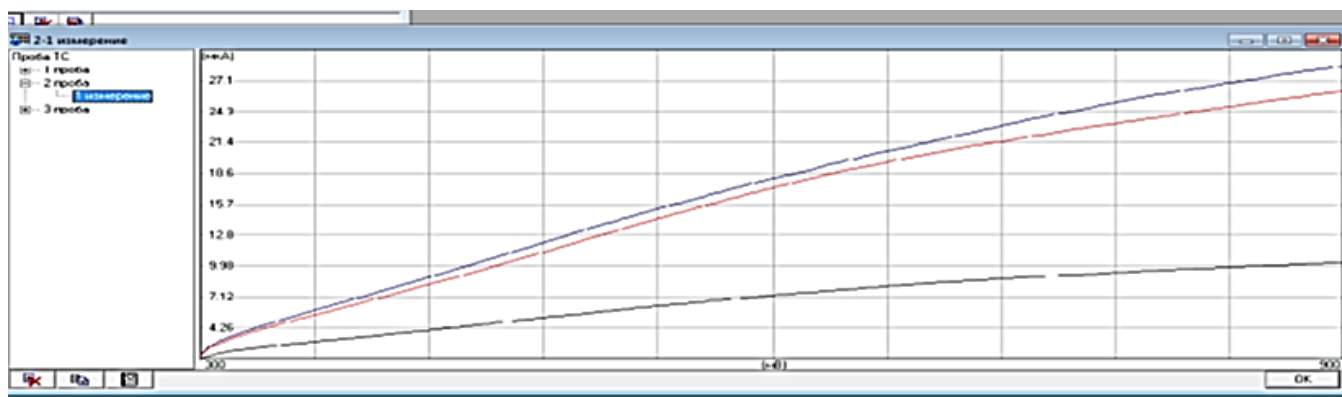


Рис. 1. График определения содержания мышьяка

Определение содержания тяжелых металлов и токсичных элементов (кадмия, свинца, меди, ртути, цинка) проводили методом инверсионной вольтамперометрии [1-4, 6]. В пробе гранулированного корма содержание ртути составило 0,00606 мг/кг, что ниже предела обнаружения (рис. 2) [7]. Анализ проб на содержание токсичных элементов показал: количество кадмия - ниже предела обнаружения (рис. 4), свинца - 1,06 мг/кг, меди - 1,88 мг/кг, цинка - 344 мг/кг - что ниже требований ГОСТ (рис. 3) [1, 2, 4, 5].

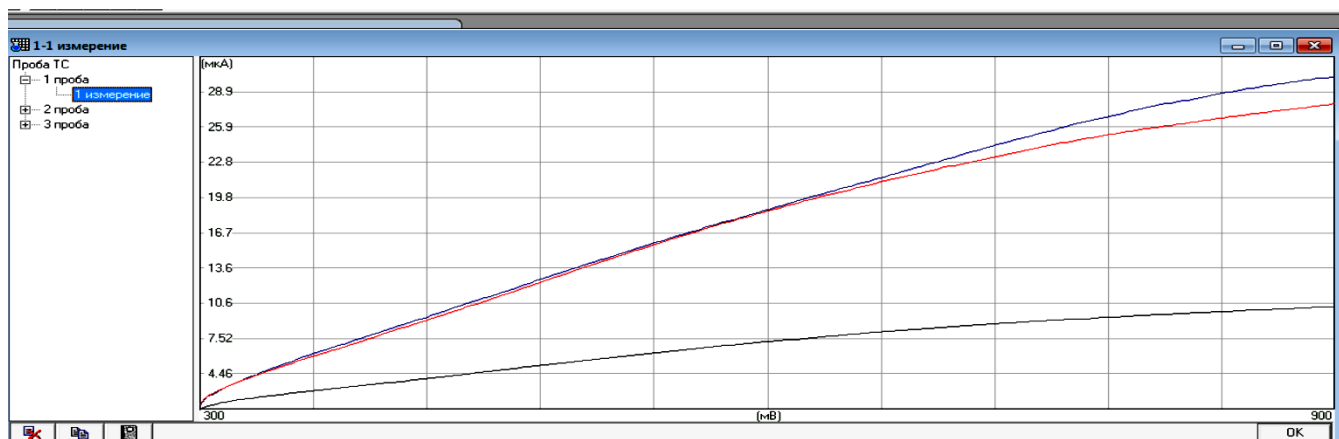


Рис. 2. График определения содержания ртути

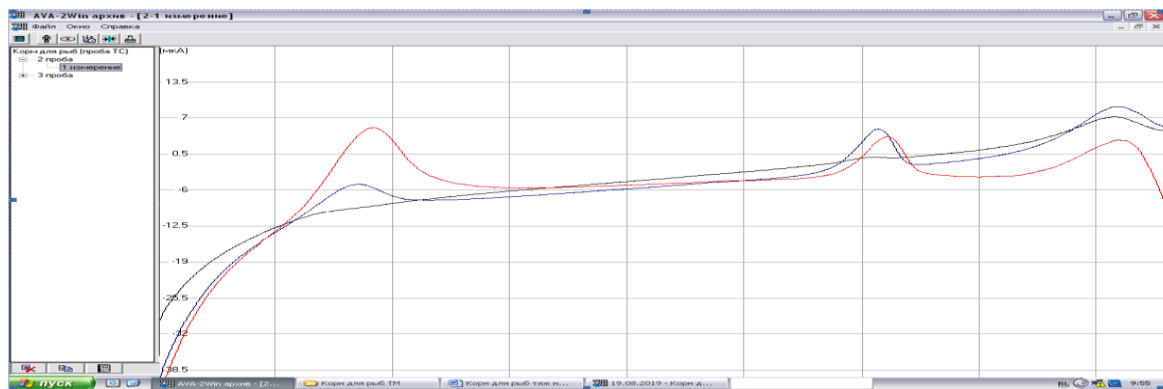


Рис. 3. График определения содержания кадмия, свинца, меди

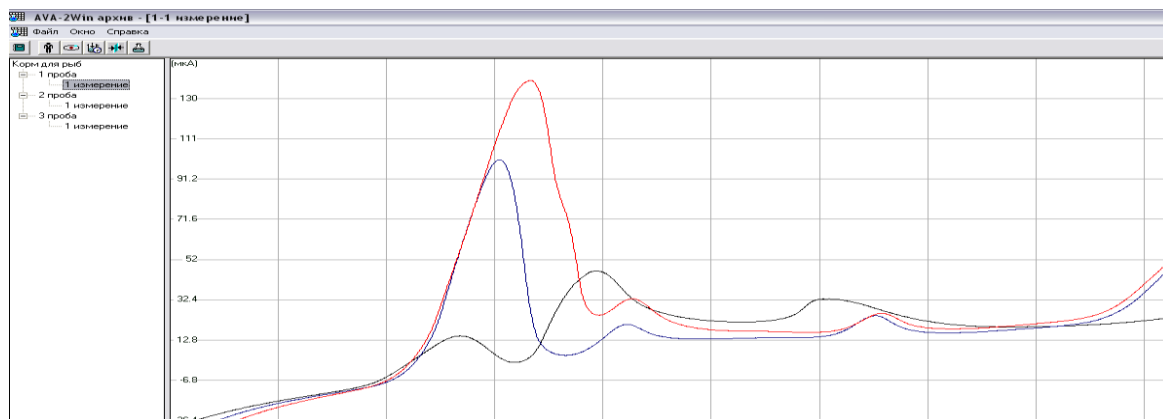


Рис. 4. График определения содержания цинка

Тяжелые металлы относятся к наиболее опасным химическим загрязнителям, что обусловлено физиолого-биохимическими особенностями их действия и передачей по трофическим цепям. Рыбы завершают трофические цепи водоема и накапливают тяжелые металлы. Тяжелые металлы, исследуемые в образцах корма, не превышали предельно допустимую концентрацию.

Бензапирен относится к ароматическим соединениям, представитель семейства полициклических углеводородов, вещество первого класса опасности. Образуется при сгорании углеводородного жидкого, твердого и газообразного топлива. В окружающей среде накапливается преимущественно в почве, меньше в воде. Из почвы поступает в ткани растений и продолжает своё движение дальше в пищевой цепи.

Определение бензапирена в гранулированном корме для форели проводили по общепринятой методике [8] результат исследования представлен на рисунке 5.

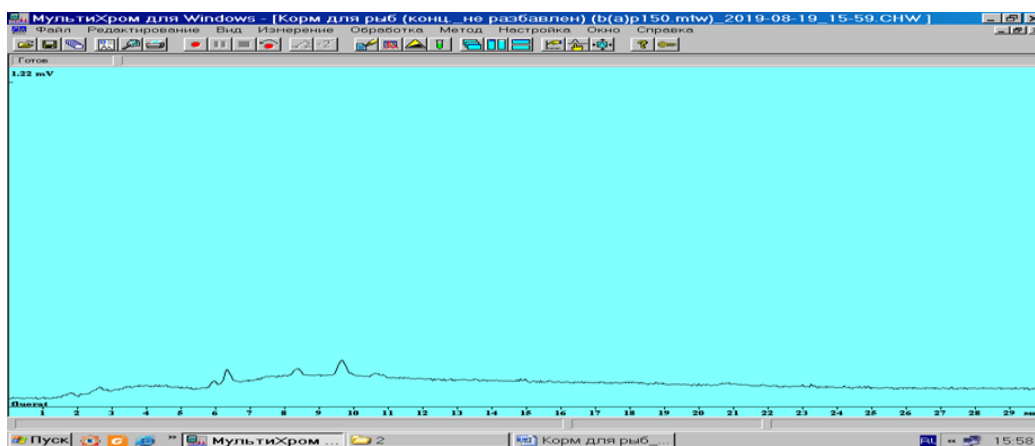


Рис 5. Хроматограмма образца корма для форели на содержание бензапирена

Хроматография образца корма отражает отсутствие пика бензапирена.

Таким образом, анализ образцов импортного корма для форели не выявил превышение отдельных групп тяжелых элементов и токсичных соединений, что свидетельствует о его соответствии по показателям безопасности. Эффективное и грамотное использование всех видов кормового белка – животного и растительного происхождения – является основой для сохранения окружающей среды благодаря снижению выбросов неусвоенного азота и фосфора в водоемы. В наших исследованиях гранулированный корм, используемый в УЗК, является безопасным по содержанию тяжелых металлов и токсических соединений не только для здоровья форели в течение производственного периода, но и употребления рыбной продукции на пищевые цели.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 26929-94 Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения токсичных элементов. - М.:Стандартинформ, 2010. - 12 с.
2. ГОСТ 33824-2016(ГОСТ Р 51301-99) Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрические методы определения содержания токсичных элементов (кадмия, свинца, меди, цинка). - М.:Стандартинформ, 2016. - 23 с.
3. ГОСТ 31628-2012 Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения массовой концентрации мышьяка. - М.:Стандартинформ, 2014. - 15 с.
4. ПНД Ф 14.1:2.174-2000 Методика выполнения измерений содержания свинца, кадмия, меди в питьевой, природной и очищенной сточной воде методом инверсионной вольтамперометрии.
5. ПНД Ф 14.1:2.4.198-03 Методика выполнения измерений содержания цинка в питьевой, природной и очищенной сточной воде методом инверсионной вольтамперометрии.
6. М 41-05(ПНД Ф 14.1:2.4.200-03) Методика выполнения измерений содержания мышьяка в питьевой, природной и очищенной сточной воде методом инверсионной вольтамперометрии.
7. М 42-05(ПНД Ф 14.1:2.4.199-03) Методика выполнения измерений содержания ртути в питьевой, природной и очищенной сточной воде методом инверсионной вольтамперометрии.
8. М 04-15-2009 (изд. 2014 г.) (ФР.1.31.2014.17186) Определение бенз[а]пирена в пищевых продуктах, продовольственном сырье и БАД
9. Ковач Е. Производство на основе аквакультуры: условия успеха. //Рыба, 2019, Вып. 2 (23). - С. 18-24.

### EVALUATION OF TROUT FOOD FOR CONTENT OF HEAVY AND TOXIC METALS

Reshetnikova Olga Vasilievna, PhD, Associate Professor  
Osipova Tatiana Stepanovna, senior teacher

Head. Department, Luga Institute (branch) State Autonomous Educational Institution of Higher Education of the Leningrad Region "Leningrad State University named after A.S. Pushkin",  
Luga, Russia, e-mail: olga.resh56@yandex.ru; ostast@rambler.ru

*Aquaculture in our country is one of the priority areas for the development of the agro-industrial complex. The development of fish breeding enterprises depends on the availability of a stable feed base that can meet the fish's need for nutrients, as well as their quality composition throughout the entire farming cycle. An important condition for the effective development of industrial aquaculture is the safety of trout products prior to their consumption. Purpose of the work: to evaluate pelleted feed according to safety indicators. According to the content of heavy metals and toxic elements, benzpyrene granulated feed for trout meets the requirements of GOST.*

## НЕКОТОРЫЕ ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛИЧИНОК КАРПА, ВЫРАЩИВАЕМЫХ НА УОХ КГТУ

Савина Лиана Валерьевна, канд. биол. наук, доцент кафедры аквакультуры, биологии и болезней гидробионтов

Курапова Татьяна Михайловна, канд. биол. наук, доцент кафедры аквакультуры, биологии и болезней гидробионтов

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: tkurapova@inbox.ru; liana.savina@klgtu.ru

*Иммунитет рыб, как и всех позвоночных, формируется постепенно, в течение первого года жизни. Основную роль у предличинок в иммунологической защите играет лизоцим, у личинок карпа также и тканевые белки – альбумины и глобулины, однако возраст формирования их различен. В работе была поставлена цель оценить качество личинок карпа по некоторым иммунологическим показателям - концентрации лизоцима и его активности, концентрации тканевых белков, бактериостатической активности и ее напряженности, а также антиокислительной активности.*

### Обзор литературы

Иммунитет можно разделить на специфический и неспецифический. Специфический иммунитет обеспечивает защиту организма от строго определенных антигенов. По существу, иммунная реакция организма сводится к уничтожению, нейтрализации или удалению из организма антигена. Неспецифический иммунитет осуществляет защиту организма от любого чужеродного вещества или тела [1].

Гуморальная форма неспецифического иммунитета обеспечивается различными органами и клетками, производящими лизоцим, интерферон, пропердин, комплемент, фибронектин и некоторые другие биологически активные вещества. Часто общую оценку неспецифического иммунитета проводят по активности лизоцима сыворотки крови. Этот фермент с ярко выраженными бактерицидными свойствами вырабатывается в организме всех позвоночных. Сообщения о его отсутствии у того или иного вида рыб, скорее всего, связаны с некорректными оценками его активности. У рыб сезон года, физиологическое состояние сильно меняют титр лизоцима. Так, у карпа активность лизоцима максимальна осенью, в конце сезона выращивания, и минимальна в конце зимовки. Есть сообщения, что хищные рыбы имеют более высокие титры лизоцима по сравнению с мирными рыбами [1].

Специфический иммунитет возникает при обязательном участии лимфоцитов и имеет два варианта развития: клеточный и гуморальный. Гуморальный ответ лимфоцитов значительно сложнее. Для удобства его изучения можно разбить этот процесс на три этапа: распознавание антигена и активация исполнительных клеток; вовлечение клеток памяти и исполнителей элиминации антигена; процесс элиминации антигена.

У млекопитающих выделены антитела пяти классов (иммуноглобулины G, M, A, D, E), которые отличаются первичной и вторичной структурой. У рыб удастся найти только два из них: IgG и IgM [2].

### Материал и методика исследования

Объектом исследования послужили личинки карпа, выращенные на УОХ КГТУ в 2019 году. Изучение и обработку собранного материала проводили в лаборатории кафедры Аквакультуры. Исследования проводили в несколько этапов:

Определение некоторых иммунологических показателей в теле личинок карпа. В качестве исследуемых показателей были выбраны – концентрация белковых фракций и лизоцима, бактериостатическая активность и ее напряженность, а также антиокислительная активность тканевых белков.

Определение белковых фракций проводили нефелометрическим способом на КФК по стандартной методике [2].

Определение концентрации лизоцима проводили по стандартной методике (Бухарин, Васильев, 1971). Активность лизоцима определяли по формуле (1):

$$АЛ = \frac{(D_0 - D_k) \times K \times 10 \times 2}{10} \quad (1)$$

где: АЛ – активность лизоцима, ед/мл/мин;  $D_0$ - начальная оптическая плотность;  $D_k$ - конечная оптическая плотность; К - коэффициент пересчета - 100; 10 – степень разведения; 2 - пересчет на 1 мл; 10 - время инкубации [3].

Бактериостатическую активность (БА) определяли по стандартной методике [8]. Напряженность бактериостатической активности вычисляли на основании величины БА по формуле (2)

$$НБА = \frac{БА_{нач} \times T_{нач} + БА_{кон} \times T_{кон}}{T} \quad (2)$$

где –  $BA_{нач}$  - начальное значения бактериостатической активности, %;  $E_{нач}$  – начальное время экспозиции, ч;  $BA_{кон}$  – конечное значение бактериостатической, ч. активности, %;  $T_{кон}$  – конечное время экспозиции, ч;  $T$ -длительность исследований, ч [4].

Антиокислительную активность изучали по методике Glaving (1968) [4]. На основании данных оптической плотности рассчитывали коэффициент ингибирования (Ки.) по формуле (3), который являлся показателем антиокислительной активности:

$$Ки = \frac{K_k - K_{оп}}{C}, \quad (3)$$

где Ки – антиокислительная активность объекта,  $л \times мл^{-1} \times мин^{-1}$ ;  $K_k$  – константа скорости окисления 2,6-ДХФИФ в контроле;  $K_{оп}$  – константа скорости окисления 2,6-ДХФИФ в опыте; С – концентрация исследуемого вещества в инкубационной среде, мл/л [5].

## Результаты исследований

### *Определение концентрации белковых фракций у молоди карпа*

Определение белковых фракций проводили у личинок карпа в возрасте 3 суток, после проведения исследований на обезвоживание.

Для исследований использовали 25 личинок карпа, по истечении времени обезвоживания из них изготовили гомогенат, после фильтрации в нем определяли концентрацию белковых фракций, концентрацию лизоцима, бактериостатическую активность и напряженность бактериостатической активности, а также антиокислительную активность по выше приведенным методикам.

**Белковые фракции.** В результате исследования белковых фракций в организме личинок карпа было обнаружено, что наибольшую долю имели белки альбумины – 42 % и  $\alpha$ -глобулины – 39 %, значительно ниже было  $\beta$ -глобулины - 17 %, а наименьшую долю имели  $\gamma$ -глобулины – 2 % (рисунок 1).

Согласно литературным данным, приведенным в работе Г.Р Мурадовой и А.И. Рабадановой (Мурадова, Рабаданова, 2009) нормальное содержание белковых фракций у молоди карпа в процентах составляет: альбумины 40;  $\alpha_1$ -глобулины 24;  $\alpha_2$ -глобулины 18;  $\beta$ -глобулины 6;  $\gamma$ -глобулины 7%.

Сравнивая полученные результаты с литературными значениями, можно отметить, что значения являются близкими, так доля альбуминов составляет 40 % в литературном источнике и 42% в наших исследованиях, суммарная доля  $\alpha$ -глобулинов в 39 %, а в наших исследованиях 42 % [6].

Существенно различаются полученные нами данные по фракциям  $\beta$ -глобулинов и  $\gamma$ -глобулинов. Доля  $\beta$ -глобулинов в наших исследованиях составила 17%, а в литературном источнике величина этого показателя была ниже - 6 %, по нашему мнению, различия связаны с разным возрастом исследованных рыб, в наших исследованиях были использованы трехсуточные личинки, а в литературных данных сеголетки.

Доля  $\gamma$ -глобулинов также отличается, в наших исследованиях – 2 %, а в литературных источниках 7 %.

Различия по величине  $\beta$ -глобулинов и  $\gamma$ -глобулинов, по нашему мнению, связаны в первую очередь с возрастом исследованных рыб. В наших исследованиях использовали личинок карпа в возрасте 3 суток, а в работе Г.Р Мурадовой, А.И. Рабадановой (Мурадова, Рабаданова, 2009) посадочный материал более старшего возраста.

Как известно становление механизмов гуморального иммунитета имеет возрастную динамику. В начале развития у молоди рыб основную функцию защиты выполняет лизоцим (Лукьяненко В.И., 1989), и только к возрасту сеголетков у рыб формируется неспецифическая функция защиты, выполняемая  $\gamma$ -глобулинами [7].

В полученных гомогенатах определяли концентрацию общего белка при помощи рефрактометра, в среднем этот показатель составил  $6,19 \pm 0,005 \text{ г} \times \text{л}^{-1}$ . Имея процентное распределение белковых фракций через пропорцию, вычислили их концентрации (рисунок 6). Так, концентрация альбуминов в организме личинок карпа составила 2,6 -  $\alpha$ -глобулинов – 2,42;  $\beta$ -глобулинов – 1,03 и  $\gamma$ -глобулинов –  $0,14 \text{ г} \times \text{л}^{-1}$ .

*Определение концентрации лизоцима.* Концентрацию лизоцима определяли вначале проведения анализа и через 1,5 часа экспозиции в термостате при температуре 26 °С.

По результатам исследования получили, что средняя начальная концентрация лизоцима в организме личинок карпа составила  $1,36 \pm 0,11$ , а конечная  $1,91 \pm 0,19$  мкг/мл. Коэффициент вариации был небольшим, величина этого показателя для начальной концентрации составила 18,76 %, а для конечной - 22,07 %, что косвенным образом подтверждает сходность результатов для исследованных личинок.

Согласно данным В.И. Лукьяненко (Лукьяненко, 1989), у карпа была отмечена концентрация лизоцима от 1,48 до 2,6  $\gamma/\text{г}$ , однако автор не указал возраст исследованных рыб [7]. Как видно, полученные в наших исследованиях результаты укладываются в приведенный диапазон.

Активность лизоцима - показатель, характеризующий ингибирующую способность лизоцима, в наших исследованиях величина этого показателя, в среднем составила  $12,09 \pm 3,35$  ед/мл/мин, что по литературным данным, является средним значением и косвенно подтверждает формирования иммунологической защиты на более поздних этапах развития.

*Бактериостатическая активность и ее напряженность.* В результате проведения исследований было получено среднее значение бактериостатической активности, оно составило  $76,67 \pm 4,68\%$ , коэффициент вариации составил 13,64%. Величина показателя напряженности бактериостатической активности в среднем составила  $10,38 \pm 1,85\%$ , коэффициент вариации 39,73%, что из всех изученных показателей имеет самые высокие индивидуальные колебания. При сравнении с литературными данными также следует отметить, что это средние значения для рыб, обычно величина бактериостатической активности у карпа 75- 80% (Лукьяненко, 1989), по нашему мнению, это связано с ранними этапами развития у исследованных рыб.

*Определение антиокислительной активности.* По результатам нашего анализа среднее значение антиокислительной активности в теле личинок карпа составило  $0,23 \pm 0,02 \text{ л} \times \text{мл}^{-1} \times \text{мин}^{-1}$ , коэффициент вариации – 19,44 %. Согласно данным Е.И. Хрусталева и соавторов (Хрусталева, Курапова, Молчанова, 2017), значение антиокислительной активности в теле рыб составляет минимум  $0,72 \text{ л} \times \text{мл}^{-1} \times \text{мин}^{-1}$ , что выше полученных результатов в исследованиях [8]. Однако в литературном источнике данные приведены для более старшей возрастной группы (сеголетков), что, по нашему мнению, и отразилось на различиях.

Согласно литературным данным приведенным в работе А.И. Рабаданова и соавторов (Рабаданова и соавторы, 2017) становление антиоксидантной системы в постнатальный период у рыб

проявляется в активации ферментативного звена антиокислительной защиты, а также и на уровне свободнорадикального окисления. Именно эти процессы приводят к перераспределению стресс-протекторной функции, но начиная с возраста сеголетков [9].

Результаты исследований некоторых иммунологических показателей и коэффициента ингибирования у личинок карпа представлены в таблице 1.

Таблица 1

### Иммунологические показатели личинок карпа

Показатель	Величина
Начальная концентрация лизоцима, мкг/мл	1,36±0,11
Конечная концентрация лизоцима, мкг/мл	1,91±0,19
Белковые фракции, г×л <sup>-1</sup> :	
альбумины	2,6 ± 0,0005
α- глобулины	2,42 ± 0,0005
β –глобулинов	1,03 ± 0,0005
γ – глобулинов	0,14 ± 0,0005
Бактериостатическая активность, %	76,67 ± 4,68
Напряженность бактериостатической активности, %	10,3 8 ± 1,85
Антиокислительная активность, л×мл <sup>-1</sup> ×мин <sup>-1</sup>	0,23 ± 0,02

В целом, при анализе иммунологических показателей можно отметить, что личинки карпа имели низкие значения β и γ –глобулинов, а также коэффициента ингибирования, чем приведенные в литературных источниках.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биотехнический и производственный потенциал пастбищной аквакультуры на трансграничных водоемах России и Литвы / Е.И. Хрусталева и др. – Калининград: Изд-во ИП Мишуткина, 2009. – 198 с.
2. Лабораторные исследования в ветеринарии: биохимические и микологические: справочник / Антонов Б.И., Яковлева Т.Ф., Дерябина В.И. и др., - М.: Агропромиздат, 1991.-287 с.
3. Пат. 2170932 RU, МПК G01N. Способ определения активности лизоцима слюны / П.Г. Сторожук, И.В. Сафарова, В.В. Еричев (РФ). 2000102986; Заявлено 02.07.2000; Опубл. 20.07.2001. Бюл. № 14. С. 27.
4. Селиверстов В.В. Методические указания по определению уровня естественной резистентности и оценке иммунного статуса рыб. // Электрон. дан. Режим доступа URL:<http://gov.cap.ru/home/65/aris/bd/vetzac/document/438.html>. (дата обращения 09.03.2020)
5. Мещеряков Н.П. Сравнительная экспериментальная фармакология и клиническое применение адаптогенов в ветеринарии: дисс. ... д-ра ветерин. наук. Воронеж, 2004. -442 с.
6. Мурадова Г.Р., Рабаданова А.И. Биохимические показатели крови как маркеры развития оксидативного стресса в организме сеголетков карпа (*Cyprinus carpio* L.) в условиях интоксикации водной среды ионами свинца. // Электрон. дан. Режим доступа URL:<http://biofile.ru/bio/1027.html>. (дата обращения 15.05.2020).
7. Лукьяненко В.И. Иммунобиология рыб. -М.: Пищ. пром-сть, 1971. -364 с.
8. Хрусталева Е.И, Курапова Т.М. , Молчанова К.А.. Возрастные изменения антиокислительной активности у судака второго поколения, выращиваемого в УЗВ ООО «ТПК Балтптицепром» // Вестник ТвГУ. Серия: Биология и экология.- №2. -2017. -С. 172-179.
9. Возрастная и тканевая специфика чувствительности про- и антиоксидантной систем карповых рыб к действию тяжелых металлов / А.И. Рабаданова, М.М. Габибов, С.А. Чалаева и др. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. №2. -С. 326-329.



## **SOME IMMUNOLOGICAL INDICATORS OF CARP LARVES GROWED ON THE TRAINING AND EXPERIMENTAL FARM OF KSTU**

Savina Liana Valerievna, PhD by Biology, Associate Professor  
Kurapova Tatyana Mikhailovna, PhD by Biology, Associate Professor

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",  
Kaliningrad, Russia, e-mail: tkurapova@inbox.ru; liana.savina@klgtu.ru

*The immunity of fish, like all vertebrates, is formed gradually, during the first year of life. The main role in prelarvae in immunological protection is played by lysozyme, in carp larvae also tissue proteins - albumin and globulins, however, the age of their formation is different. The aim of this work was to assess the quality of carp larvae by some immunological parameters - the concentration of lysozyme and its activity, the concentration of tissue proteins, bacteriostatic activity and its tension, as well as antioxidant activity.*

УДК 639.3

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ КАРПА НА УОХ КГТУ**

Хрусталеv Евгений Иванович, канд. биол. наук, профессор кафедры аквакультуры, биологии и болезней гидробионтов  
Молчанова Ксения Андреевна, канд. биол. наук, зам. зав. кафедрой аквакультуры, биологии и болезней гидробионтов  
Теклу Гойтом Гебретнсае, магистр

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: evgenij.hrustalev@klgtu.ru; kseniya.elfimova@klgtu.ru; tecqlue@gmail.com

*В настоящее время карп – это наиболее популярный и широко расселённый объект в прудовых хозяйствах почти во многих странах мира и есть множество его одомашненных форм, часто называемых домашним карпом. Поэтому очевидна необходимость использования в рыбноводном процессе лучших породных достижений. В связи с этим научный и практический интерес представляет введение в рыбохозяйственный оборот парской породы карпа. Целью данной работы было оценить качество производителей карпа на УОХ КГТУ. Объектами исследования служили производители карпа, икра, сперма, предличинки, молодь и сеголетки.*

### **Обзор литературы**

В настоящее время коммерческая ценность карпа относительно осетровых, лососевых и сомовых в 2-2,5 раза ниже, а затраты сравнимы с затратами на осетровых [1]. При интенсивном выращивании карпа в прудах получают по 2-3 т рыбы и более с 1 га водной площади. При садковом и бассейновом выращивании на теплых водах продукция может достигать 150-200 кг/м<sup>3</sup>. Основная ценность карпа характеризуется высокой плодовитостью, продуктивностью, быстрым ростом, нетребовательностью к условиям обитания [2,3]. В настоящее время карп — это наиболее популярный и широко расселённый объект в прудовых хозяйствах почти во многих странах мира и есть множество его одомашненных форм, часто называемых домашним карпом [4]. Карп это один из основных объектов разведения в рыбноводных хозяйствах России [3]

Не менее важным является улучшение качества выращиваемых в прудах рыб. Очевидна необходимость использования в рыбноводном процессе лучших породных достижений. В связи с этим

научный и практический интерес представляет введение в рыбохозяйственный оборот парской породы карпа. Целью данной работы было оценить качество производителей карпа на УОХ КГТУ.

### Методика и результаты исследований

Исследования проводили на базе инкубационного цеха и выростных прудов учебного опытного хозяйства (УОХ) КГТУ. Объектами исследования служили производители карпа, икра, сперма, предличинки, молодь и сеголетки. Потомство производителей карпа было получено как заводским методом, так и в результате естественного нереста. Карп с разбросанным генотипом чешуйчатого покрова имел происхождение из Правдинского карпового хозяйства. Карп со сплошным чешуйчатым покровом был представлен гибридной формой, имеющей происхождение с конца 70-х прошлого столетия, когда на УОРХ (КТИРПИХ) были завезены: беспородный культурный карп, северный (ропшинский) и нивчанский (северная отводка украинских карпов). В последующие годы в результате скрещиваний была получена гибридная форма со сплошным чешуйчатым покровом. Молодь парского карпа имела разбросанный генотип чешуйчатого покрова.

Для искусственного воспроизводства карпа использовали установку для нерестового содержания производителей. В ней постепенно повышали температуру воды от фиксируемой на время отлова производителей в зимне-маточном пруду (10°C) с градиентом 2°C в сутки до 19-20°C, когда делали гипофизарные инъекции: 0,5 мг карпового гипофиза на 1 кг массы самок (предварительная) и через 12 часов 3,5 мг/кг массы самок (разрешающая). Самцам делали однократную инъекцию (2 мг/ кг), когда самкам вводили разрешающую. В исследованиях было использовано 2 самки и 2 самца со сплошным чешуйчатым покровом (табл. 1).

Таблица 1

#### Характеристика производителей карпа со сплошным и чешуйчатым покровом

№ п/п	Пол	Масса рыб, г	Количества гипофиза, мг		Рабочая плодовитость, тыс. икринок, объем эякулята, мл
			предварительная	разрешающая	
1	Самка	6150	3,1	21,6	460,0
2	Самка	6300	3,2	22,0	630,0
3	Самец	5400	--	10,8	12,5
4	Самец	5250	--	10,4	8,0

Среди карпов с разбросанным генотипом чешуйчатого покрова были использованы 1 самка и 1 самец (табл. 2).

Таблица 2

#### Характеристика производителей карпа с разбросанным генотипом чешуйчатого покрова

№ п/п	Пол	Масса рыб, г	Количества гипофиза, мг		Рабочая плодовитость, тыс. икринок, объем эякулята, мл
			предварительная	разрешающая	
1	Самка	3750	1,9	13,1	195,0
2	Самец	3250	--	--	14,5

При осеменении икры использовали сперму из расчета 7 мл на 1 л икры. Овулирование икры после разрешающей инъекции при температуре воды 20°C наступало через 18-20 часов. Икру сцеживали в эмалированный таз объемом 10 л. Сперму сцеживали в мерную пробирку. Вылитую на икру сперму размешивали гусиным пером до состояния равномерной окраски всей массы икры, что подтверждало распределение спермы в объеме икры.

После этого приливали воду так, чтобы она покрывала верхний слой икры на 2 см. Затем содержимое таза перемешивали пером в течение 40 с и приливали раствор молока в концентрации 1:3 (1 л молока на 3 л воды). Обесклеивание проводили в течение 40 мин, меняя через 10 мин обесклеивающий раствор. По завершении обесклеивания икру в течение 5 мин промывали в 5-7 порциях свежей воды и с помощью мерного стакана распределили ее в аппараты Вейса из расчета 250 мл икры в один аппарат. При этом учитывали, что в результате набухания объем икры в аппа-

ратах увеличивался в два раза. Расход воды в аппаратах устанавливали таким образом, чтобы вращающаяся в восходящем потоке воды икра поднималась максимально на 2/3 высоты аппарата.

Инкубация икры продолжалась 3,5 сут при температуре воды 20 °С. При появлении в аппаратах первых предличинок икру сливали в тазе и периодически после 30 мин. выстаивания предличинок, поднимающихся при ударе о стенку таза к поверхности, сливали в бассейны. После этого тазы с икрой заполняли водой и операции повторяли. Это позволяло максимально снизить попадание в бассейны оболочек икринок. Для увеличения площади прикрепления предличинок к субстрату в бассейны помещали веточки ели.

В возрасте 3 суток личинок распределили по выростным прудам, предварительно пересчитав, в соответствии с плотностью посадки. Выращивание личинок до массы 200-500 мг проводили на естественной кормовой базе, представленной преимущественно ветвистоусыми ракообразными (*Moina sp*, *Bosmina sp*, *Daphnia longispina*, *Daphnia pulex*).

## Результаты и обсуждение

На день отлова производителей карпа из зимне-маточного пруда температура воды в нем составила 11 °С. Были взяты для получения личинок заводским способом 1 самец и 1 самка с разбросанным генотипом чешуйчатого покрова, 2 самки и 2 самца со сплошным чешуйчатым покровом.

В емкостях объемом 90 л производители были переведены в инкубационный цех и посажены в проточный бассейн. На следующий день производителей рассадили в бассейны установки с регулируемой температурой воды: самцов - в один бассейн, самок - отдельно, в соответствии с различиями в чешуйчатом покрове.

Поскольку вода в УЗВ циркулировала по круговой схеме, то температура воды во всех трех бассейнов в период адаптации к нерестовой температуре изменилась одинаково с градиентом 2 °С/сут.

При достижении температуры воды 20 °С самкам сделали предварительную инъекцию карпового гипофиза через 12 часов разрешающую. Самцам инъекцию сделали одновременно с разрешающей самкам. Овулирование икры у самок карпа наступает через 18-20 ч после разрешающей инъекции. Инкубация икры в аппаратах Вейса завершилась через 3,5 сут.

Выдерживание предличинок в бассейнах УЗВ для выдерживания личинок продолжилось 3 сут. Температура воды на предыдущих и настоящем этапе была 20 °С. На 3- 4 сутки личинок рассадили в пруды.

Обращает внимание, что наиболее высокая температура воды была в июне, когда повышалась до 24 °С. Низкая в мае и сентябре. В мае отмечали достаточно прохладную погоду, что отразилась на прогреве воды. В сентябре имело место осеннее охлаждение воды. В целом, следует признать, что в июне-августе температура воды способствовала интенсивному росту молоди карпа. Содержание растворенного кислорода было достаточным для реализации у молоди ростовой потенции на фоне фиксируемой температуры воды.

Следует отметить, что в пруды постоянно в течение вегетационного сезона подавалась вода из головного пруда, что также способствовало поддержанию газового режима. Насыщение воды кислородом за весь период наблюдений не снижалось ниже 80% насыщения. Как известно, карп интенсивно питается и растет, когда содержание кислорода в воде более 5 мг/л. По нашим данным, среднемесячное содержание растворенного кислорода было не менее 7,5 мг/л.

Можно признать, что по основному направляющему развитию рыб абиотическому фактору – температуре воды, по основному лимитирующему развитию рыб фактору – содержанию растворенного в воде кислорода, условия для роста и развития молоди карпа были благоприятные.

Производители карпа со сплошным чешуйчатым покровом отличались большей массой (табл. 1). Самки крупнее самцов (6150-6300 г против 5250-5400 г). Рабочая плодовитость была от 460 до 630 тыс. икринок. Если отнести ее к единице массы самок, то она составила 75-100 тыс.шт/кг. Эти значения соответствуют фиксируемому при искусственном воспроизводстве карпа [5].

Судя по тому, что процент оплодотворения был близким к 100%, можно говорить о высоком качестве половых продуктов, подтверждающее благоприятными условиями межнерестового нагула 2018 г. и зимовки 2018-2019 гг. Обращает внимание, большой объем эякулята, продуцируемого самцами. Чаще сообщают об объеме эякулята 3-5 мл [5]. В нашем случае он достигал 8-12,5 мл.

Самка и самец карпа с разбросанным генотипом чешуйчатого покрова были по размеру значительно меньше (3750 г и 3250 г, соответственно). Рабочая плодовитость составила 195 тыс. икринок. Если её соотнести с единице массы самки, то она составила 52 тыс.шт/кг что меньше, фиксируемой в литературных источниках. Возможно, это связано с возрастом самки.

Известно, что у младше-возрастных самок количество продуцируемой икры меньше, чем у средне возрастных. Возможно, это индивидуальное свойство самки. Визуально это проявлялось в меньшей припухлость брюшка, чем у самок со сплошным чешуйчатым покровом. Обращает внимание большой объем эякулята у самцов с разбросанным генотипом чешуйчатого покрова (14,5 мл), что подтверждает благоприятные условия межнерестового нагула и зимовки. К тому, же самцы созревают на год раньше самок, а количество продуцируемой спермы (объем эякулята), как увеличивается у самцов и возрастом.

Процент оплодотворения, определенной долей побелевших личинок, был около 92,5%, однако соответствовал нормативным значением (более 90%). Таким образом, в результате оценки качества производителей и продуцируемых ими половых продуктов у исследуемых рыб, можно признать целесообразным использования их в режиме заводского способа получения личинок.

### Заключение

Оценка качества производителей карпа показала соответствующую нормативной величине относительную рабочую плодовитость самок со сплошным чешуйчатым покровом (75-100 тыс.шт/кг). Меньшую у самок разбросанным генотипом чешуйчатого покровом (52 тыс.шт/кг), что согласуется с их меньшим размером (3750 г против 6150-6300 г). Но самцы, несмотря на меньшие размеры (3250 г против 5250-5400 г), продуцировали большой объем эякулята (14,5 мл против 8,0-12,5 мл).

Высоким был процент оплодотворения икры (100% у чешуйчатых, 92,5% у рыб с разбросанным генотипом чешуйчатого покрова). Большая масса сеголетков была в группе естественного нереста (58 г). Этому соответствовала была большая продолжительность выращивания (157 сут). Но при величине коэффициента массонакопления 0,073 экологические условия были реализованы по степени влияния на рост на 39%.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козлов В.И., Никифоров-Никишин А.Л., Бородин А.Л. Аквакультура. – М.: КолосС, 2006. – 445 с
2. Рыбы: Популярный энциклопедический справочник / Белорус. сов. эн-циклопедия. Ин-т зоологии АН БССР; под ред. П.И. Жукова. - Минск: Бел. СЭ, 1989. - 311с.
3. Привезенцев Ю.А., Власов В.А. Рыбоводство. – М.: Мир, 2007. – 456 с.
4. Катасонов В.Я., Чефрас Н.Б., Селекция и племенное дело в рыбоводстве. – М.: Агропромиздат, 1986. – 182 с.
5. Федорченко В.И, Новоженин И.П., Зайцев В.Ф. Товарное рыбоводство. – М., 1992. – 207 с.

### CHARACTERISTIC OF CARP LARVES GROWED ON THE TRAINING AND EXPERIMENTAL FARM OF KSTU

Khrustalev Evgenij Ivanovich, PhD by Biology, Professor of Department of Aquaculture,  
Biology and Diseases of Hydrobionts

Molchanova Kseniia Andreevna, PhD by Biology, deputy head of Department of Aquaculture,  
Biology and Diseases of Hydrobionts

Tecqlue Goytom Gebretnsae, Master

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",

Kaliningrad, Russia, e-mail: evgenij.hrustalev@klgtu.ru; kseniya.elfimova@klgtu.ru;  
tecqlue@gmail.com

*Currently, carp is the most popular and widely settled object in pond farms in almost many countries of the world, and there are many of its domesticated forms, often called domestic carp. Therefore, the need to use the best breed achievements in the fish breeding process is obvious. In this regard, the introduction of the Parish carp breed into the fishery trade is of scientific and practical interest. The purpose of this work was to assess the quality of carp producers at the educational and experimental farm of KSTU. The objects of the study were carp producers, caviar, sperm, prelarvae, juveniles and underyearlings.*

## СЕКЦИЯ «ИХТИПАТОЛОГИЯ И ГИДРОБИОЛОГИЯ»

## SECTION "ICHTHYOPATHOLOGY AND HYDROBIOLOGY"

УДК 581.526.325: 504.45

### ДИНАМИКА И УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ПРУДА ВЕРХНЕГО (КАЛИНИНГРАД) В 2015-2017 ГГ.

Бугранова Олеся Сергеевна, вед. инженер кафедры ихтиологии и экологии  
Лоцицкая Екатерина Александровна, аспирант  
Цупикова Надежда Александровна, канд. геол.-мин. наук, доцент кафедры ихтиологии  
и экологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: olesya.bugranova@klgtu.ru; Lozitskaya.EA@yandex.ru;  
tsoupiikova@klgtu.ru

*В работе рассматриваются межгодовая и сезонная динамики развития фитопланктона пруда Верхний, а также гидрохимические показатели водоема, формирующие условия развития фитопланктона, по данным комплексного мониторинга пруда, проведенного в 2015-2017 гг. Основной целью исследования является изучение динамики развития фитопланктона пруда в течение вегетационного сезона в исследованный период. В работе приведены данные гидрохимического анализа, позволившие проследить условия развития альгофлоры пруда, сложившиеся в водоеме.*

#### Введение

Верхний пруд - водоем, имеющий искусственное происхождение, расположенный в центре Калининграда и пользующийся особой популярностью для прогулок и отдыха среди горожан и гостей города.

Водоем является важным элементом развитой системы зеленой рекреационной зоны города и в связи с этим является одним из примеров антропогенного эвтрофирования городских прудов.

Фитопланктон чувствителен к изменениям качества воды и может служить первичным индикатором изменений содержания биогенных веществ и других загрязнителей, а также физических (например, климатических) изменений в водоемах. Такие показатели, как состав фитопланктона, динамика численности и биомассы альгофлоры водоемов являются очень важными параметрами для понимания структуры и трофического уровня водных систем и требуют постоянного изучения.

Целью данной работы является изучение межгодовой и сезонной динамик развития фитопланктона за период 2015-2017 гг. на фоне гидрометеорологических и гидрохимических условий пруда Верхнего. В рамках исследования был изучен таксономический состав проб фитопланктона, проведен анализ сезонного изменения видового разнообразия и динамики численности и биомассы фитопланктона, а также рассмотрены гидрохимические показатели (концентрации биогенных веществ, содержание растворенного кислорода и величина перманганатной окисляемости).

#### Материалы и методы

Ежемесячный мониторинг пруда Верхнего проводится силами кафедры экологии и ихтиологии с 2015 г. и продолжается по настоящий момент [1-4]. В основу работы вошли материалы, полученные в 2015-2017 гг.

Отбор проб производился шесть раз в год в течение сезона активной вегетации с мая по октябрь на пяти стандартных станциях по всему пространству водоема, контролируемых как устьевые участки, впадающих в пруд, ручьев, так и районы истоков ручьев [4].

В качестве основных индикаторов состояния воды, оказывающих влияние на развитие фитопланктона, были выбраны: температура воды, содержание биогенных веществ, растворенного кислорода и величина перманганатной окисляемости.

Отбор проб для гидрохимического и гидробиологического анализов осуществляли с поверхности водоема, данные осреднены по станциям.

Пробы фитопланктона были отобраны и обработаны согласно стандартным гидробиологическим методикам [5-6]. Зафиксированные раствором Люголя с добавлением ледяной уксусной кислоты и формалина пробы воды, объемом 0,5 л концентрировали в лаборатории кафедры методом мембранной фильтрации. Обработку проб на количественный и качественный анализы проводили в камере типа «Учинская – 2» объемом 0,1 мл в световом микроскопе «Motic BA 310». Расчет численности и биомассы фитопланктона производили с помощью программы Excel. Идентификацию видов проводили по определителям, приведенным ранее [7].

### **Общая характеристика пруда Верхнего**

Одним из наиболее крупных и старых искусственных водоемов Калининграда является пруд Верхний – важный рекреационный объект города. Верхний пруд расположен в центре города и составляет часть искусственно созданной сложной системы прудов. Его питают река Голубая и ручьи Северный и Ботанический. Воды самого пруда Верхнего перетекают по подземному водоводу и питают Нижний пруд, а позже сбрасываются через подземную галерею в реку Преголю. Из пруда вытекают ручьи Литовский и Парковый, которые охватывают центральную часть города и также несут воды в реку Преголю. Бассейн пруда имеет особое значение для города, являясь ключевым элементом ландшафтно-архитектурной системы крупного городского района и формируя его культурно-исторические и природные особенности. Водоем выполняет ряд разнообразных функций, обусловленных потребностями города, включая декоративную и особенно рекреационную. Украшает прибрежную территорию Верхнего пруда благоустроенная набережная и установленная в начале 20 века скульптурная группа морских животных. По берегам пруда расположено несколько кафе и ресторанов, осуществляется прогулка на катамаранах по акватории, предлагается аренда велосипедов и самокатов, со всех его сторон организованы места отдыха, детские и спортивные площадки. В северной и северо-восточной части к пруду примыкают жилые дома. По всему периметру часто можно встретить рыбаков-любителей. Согласно данным их опроса в водоеме можно выловить окуней, плотву, лещей, карасей, щук, судаков, линя и красноперок [8].

Верхний пруд был заложен в 1270 году постройкой плотины. К настоящему времени как водоем, так и связанные с ним в единую гидрографическую систему водотоки претерпели значительные изменения. Долгое время они являлись приемниками ливневой, промышленной и бытовой канализации, вследствие чего они во многом утратили эстетическую привлекательность и их экологическое состояние вызывает беспокойство у населения. Ежегодно жители города наблюдают в водоеме всплывшую рыбу, мертвых уток.

По морфометрическим характеристикам пруд Верхний относится к большим: длина пруда составляет 0,90 км, ширина увеличивается от 0,12 в центральной до 0,39 км в южной части; длина береговой линии – 6,1 км; площадь пруда – 293 тыс. м<sup>2</sup>; площадь водосборного бассейна, включая водосборы ручьев, – более 1,2 тыс. га, т. е. пруд получает воду со значительного пространства северной части города Калининграда [4]. Большая часть водоема имеет малые глубины – до двух метров. С севера на юг глубины возрастают, достигая значений около 6 м.

Береговая линия Верхнего пруда сильно изрезана (коэффициент изрезанности 3,2), с большим количеством небольших заливов, выступов, пристаней, смотровых площадок и других архитектурных строений. Водная растительность развита слабо, встречаются рогоз, осока и др.

### **Условия развития фитопланктона**

Поскольку фитопланктон является основным из первичных продуцентов, синтезирующих основные биомолекулы в водных экосистемах, крайне важно понимать факторы, регулирующие

его рост. Физические и химические условия сильно влияют на состав сообщества фитопланктона, в особенности температура и содержание биогенных веществ. Например, цветение цианобактерий может зависеть от определенных пороговых значений параметров окружающей среды (температуры и pH), после достижения которых вероятность их появления существенно возрастает [9]. Особенно это характерно для неглубоких продуктивных вод.

Температура воды, являясь ключевым фактором, влияющим на динамику цветения фитопланктона, за исследуемый период изменялась плавно и была выше среднемесячной температуры воздуха. В 2015 г. все лето и начало осени отмечались приблизительно одинаковые значения (20–22 °С), затем в октябре температура резко снижалась до 9 °С с дальнейшим трендом к охлаждению воды. В 2016 г. среднегодовое значение температуры воды несколько снизилось, несмотря на более теплые погодные условия. Обратная ситуация наблюдалась в 2017 г. Температура воздуха была ниже, чем в предыдущие годы, а в температуре воды отмечались более резкие перепады значений. Размах колебаний температуры увеличивался с начала мониторинга от 12,8 °С (2015 г.) до 14,0 °С к концу наблюдений (2017 г.).

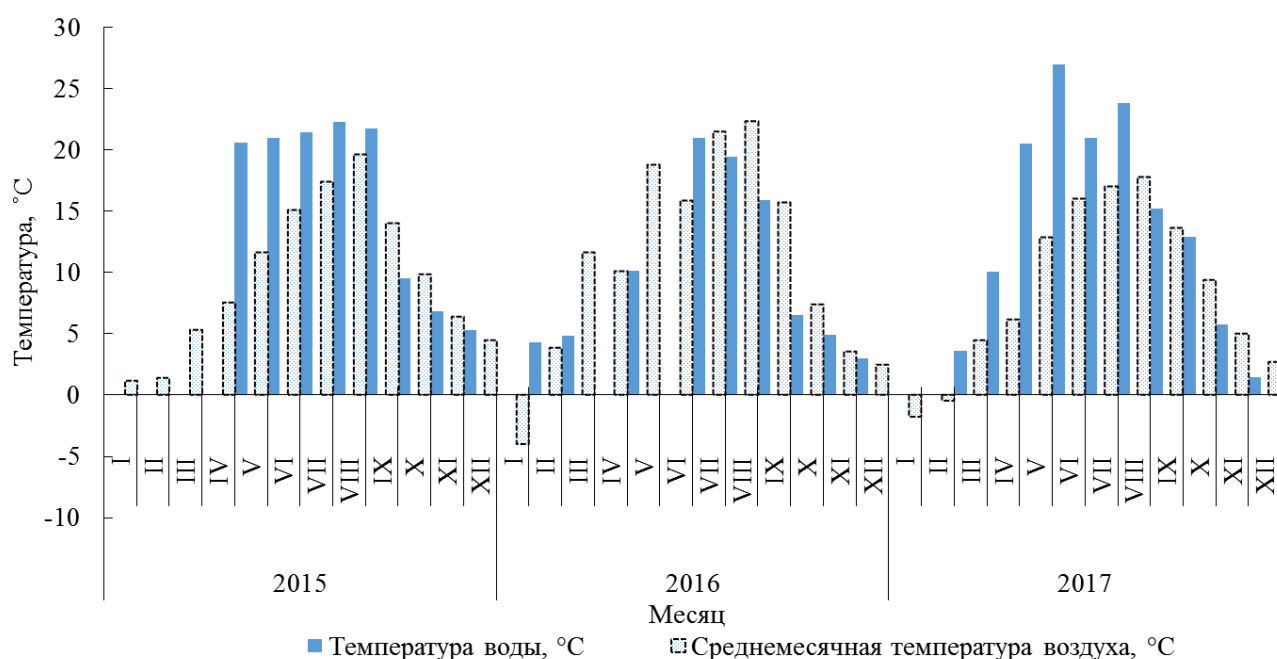


Рис. 1. Температура воды пруда (поверхностный горизонт) и воздуха

Содержание соединений фосфора в пруду Верхнем подвержено значительным сезонным колебаниям (0,08–0,31 в 2015, 0,01–0,44 в 2016 и 0,08–0,32 мгP/л в 2017 гг.), хотя межгодовая изменчивость менее значительна (таблица 1). Среднее за исследуемый период содержание фосфора фосфатов близко к эвтрофному уровню в 2015 г., мезотрофному – в 2016–2017 гг. Особенности внутригодовой динамики сохраняются из года в год на протяжении всего периода наблюдений: содержание фосфора снижено весной, увеличивается и достигает максимума осенью, что в принципе соответствует его нормальному ходу.

Содержание железа в воде повышенное, в отдельные месяцы более 5ПДК. Наименьших значений его концентрации достигали в 2015 г. (в среднем 0,23 мгFe/л), наибольших – в 2017 г. (0,64 мгFe/л). В 2017 г. выявлено наибольшее отклонение изменения концентраций общего железа от правильного годового хода.

## Условия в пруду Верхнем в 2015-2017 гг.

Год	Гидрохимический показатель							Температура воды
	Растворенный кислород		Перманганатная окисляемость	Фосфор фосфатов	Железо общее	Азот аммонийный	Нитриты	
	мг/л	%						
2015 (май-октябрь)	$\frac{8,8}{5,7-12,6}$	$\frac{99,4}{53,9-141,4}$	$\frac{9,0}{6,2-12,9}$	$\frac{0,18}{0,08-0,31}$	$\frac{0,37}{0,24-0,59}$	$\frac{0,39}{0,03-0,60}$	$\frac{0,045}{0,012-0,155}$	$\frac{19,4}{9,5-22,3}$
2016 (май-октябрь)	$\frac{8,5}{4,9-11,4}$	$\frac{87,0}{40,0-128,9}$	$\frac{11,1}{6,6-13,9}$	$\frac{0,14}{0,01-0,44}$	$\frac{0,23}{0,01-0,42}$	$\frac{2,05}{0,60-5,04}$	$\frac{0,012}{0,008-0,020}$	$\frac{14,6}{6,5-20,1}$
2017 (май-октябрь)	$\frac{10,5}{5,7-18,9}$	$\frac{116,2}{47,0-219,0}$	$\frac{14,3}{9,4-19,0}$	$\frac{0,13}{0,08-0,32}$	$\frac{0,64}{0,44-0,78}$	$\frac{1,59}{0,84-2,14}$	$\frac{0,011}{0,004-0,015}$	$\frac{20,0}{12,9-26,9}$

Примечание: Над чертой – среднее за указанный период, под чертой – предельные значения;

Содержание соединений азота в пруду Верхнем оценивалось по величине азота аммонийного и нитрит-ионов. Повышение содержания азота аммонийного потенциально может привести к изменению водных экосистем. В первую очередь происходят трансформации в нижних трофических уровнях пищевых сетей планктона, поэтому контроль содержания азота является важной задачей обеспечения надежного функционирования экосистемы водоемов.

Концентрации азота аммонийного практически всегда многократно превышали ПДК (0,4 мг/л), в сентябре 2016 г. – более чем в 12 раз. В 2016 г. как и по фосфору фосфатов (0,01-0,44 мгР/л), так и по азоту аммонийному наблюдался наибольший размах колебаний (0,60-5,04 мгN/л). Максимальное содержание аммонийного азота увеличилось практически в десять раз по сравнению с 2015 г.

Повышение против фоновых значений количества биогенных веществ свидетельствует о его загрязнении. Ранее проведенные исследования пруда позволили выявить повышение содержания биогенных элементов в северной части водоема; там же, в местах впадения ручьев наблюдается большой размах колебаний кислорода. Вероятно, загрязнение пруда Верхнего в значительной степени связано с привнесением загрязняющих веществ водами ручья Ботанического [9]. Средняя за вегетационный период концентрация нитритов ежегодно плавно снижалась от 0,045 мг/л до 0,011 мг/л. Превышения ПДК обнаружены только однократно в сентябре 2015 г.

Внутригодовой ход концентраций нитритов, имевший «скачкообразный» характер в 2015-2016 гг., к 2017 г. изменяется на практически ровный ход в пределах 0,010-0,015 мг/л, за исключением мая (0,004 мг/л). Для поверхностных вод годовой ход азота аммонийного схож с ходом фосфора фосфатов и характеризуется закономерным уменьшением в периоды активного фотосинтеза в результате ассимиляции их растениями и увеличением в конце вегетационного сезона счет усиления процесса распада накопившегося за лето органического вещества, т. е. связан с циклом развития фито- и зоопланктона.

Водоросли в процессе жизнедеятельности с продуктами метаболизма выделяют соединения органического азота в количестве, пропорциональном их биомассе и концентрации неорганического азота [10]. При их отмирании происходит трансформация азота водорослей в азот детрита, что также



могло являться причиной повышения содержания азота аммонийного в водах Верхнего. На это указывают и кислородные условия в пруду. В октябре всех годов складывались неблагоприятные кислородные условия (наблюдался дефицит насыщения воды кислородом до 54 %, 40 % и 47 % в 2015, 2016 и 2017 гг. соответственно). Это связано с отмиранием фитопланктона, когда происходит снижение интенсивности фотосинтеза, но окислительные процессы продолжают в достаточно теплой воде. Весенне-летний периоды чаще характеризовались существенным перенасыщением воды кислородом с максимумом в июне 2015 г. (141 %), июле-августе 2016 г. (125 %); в августе 2016 г. – абсолютный максимум содержания кислорода за весь период мониторинга (220 %).

Органические вещества присутствовали в воде в большом количестве: величина перманганатной окисляемости согласно классификации О.А. Алекина повышенная и лишь в отдельные месяцы средняя (июнь, август и октябрь 2015 г., октябрь 2016 г., август 2017 г.). Средняя за вегетационный период величина перманганатной окисляемости увеличивалась из года в год (от 9,0 до 14,3 мгО/л), что в совокупности с нарушением правильного годового хода указывает на загрязнение водоема.

### Фитопланктон

В период исследования пруда Верхний в 2015-2017 гг. было зафиксировано 185 таксонов водорослей. Основу видового разнообразия альгофлоры пруда сформировал отдел зеленых водорослей, включая 107 таксонов (58 % от общего видового разнообразия) (рис. 2).

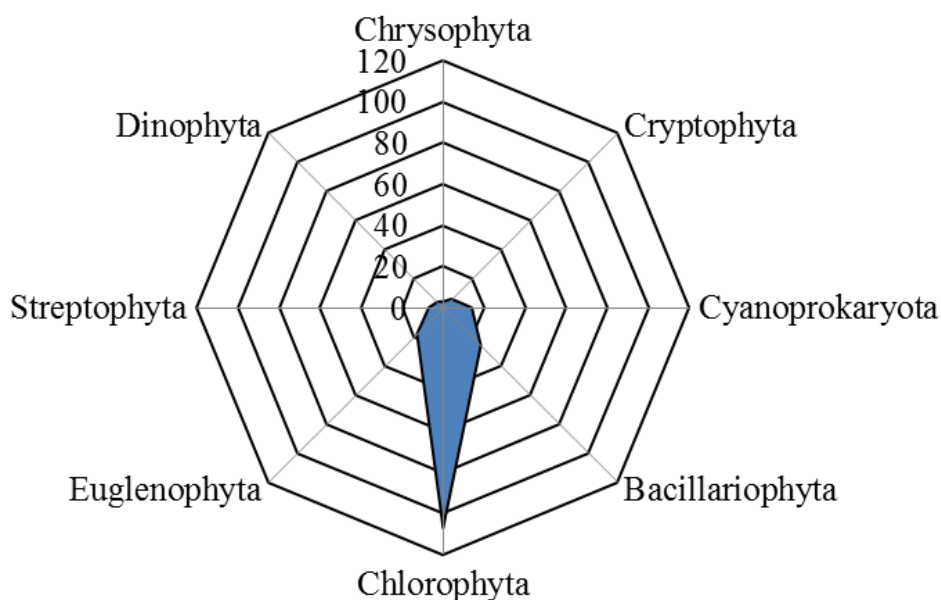


Рис. 2. Звездчатая диаграмма альгофлоры пруда

Соотношение остальных отделов было распределено следующим образом: отдел диатомовых водорослей насчитывал 26 видов (14 %), эвгленовых – 18 (10 %), цианопрокариот – 14 (8 %), стрептофитовых – 7 (4 %), криптофитовых – 6 (3 %), динофитовых – 4 (2 %) и золотистых – 3 вида (2 % от общего видового богатства фитопланктона).

Данные по количеству таксонов, полученные в ходе анализа видового богатства альгофлоры, варьируют в разные годы. В целом отмечено уменьшение видового разнообразия в 2017 г. по сравнению с предыдущими годами.

Минимальное количество видов наблюдалось в июне 2017 г. и насчитывало 42 таксона, а максимальное (87 таксонов) – в июне 2015 г. (рис. 3). Во все сезоны года максимальное количество видов приходилось на долю зеленых водорослей, которые составляли в среднем 63 % (минимальное количество таксонов выявлено в мае 2016 г. (25) и максимальное – в июне 2015 г. (58)).

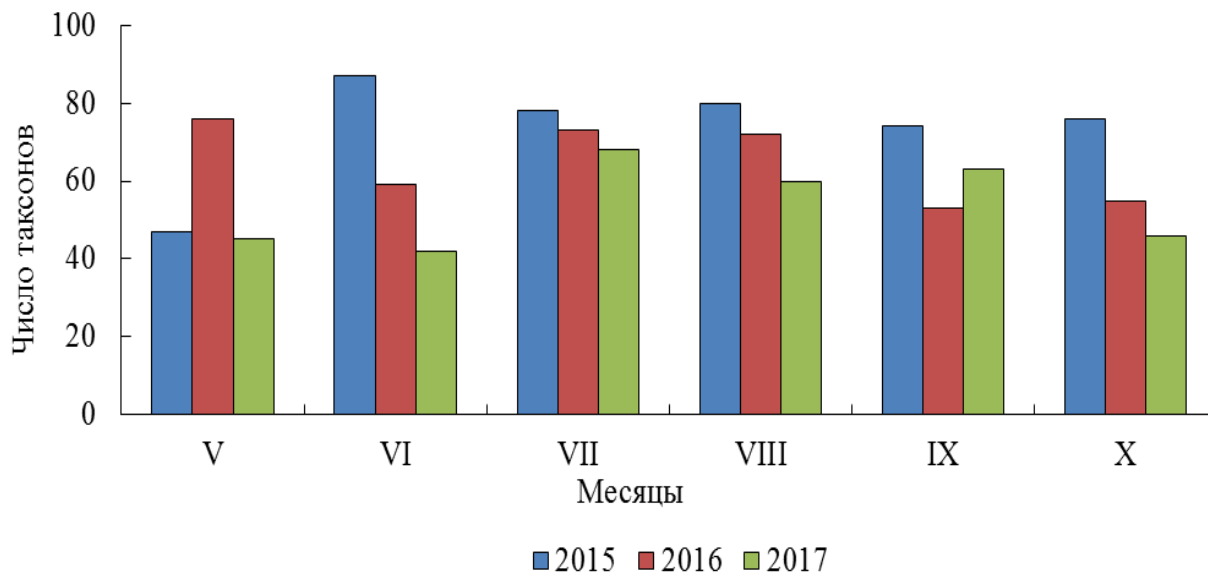


Рис. 3. Число таксонов фитопланктона пруда в разные годы

Процентное соотношение диатомовых водорослей было самым высоким в мае 2017 г. (20 %), а в среднем за годы исследования составляло 11 %. Доля числа таксонов отдела цианопрокарриот варьировала, максимум отмечен в мае 2015 г. – 11 % и минимум – в июне того же года (1 %). Эвгленовые водоросли максимально были представлены в осенний период (9-15 %), и незначительно в летний (0-5 %). Остальные отделы в целом слабо развиты и представлены относительно равномерно на протяжении периода исследования (рис. 4).

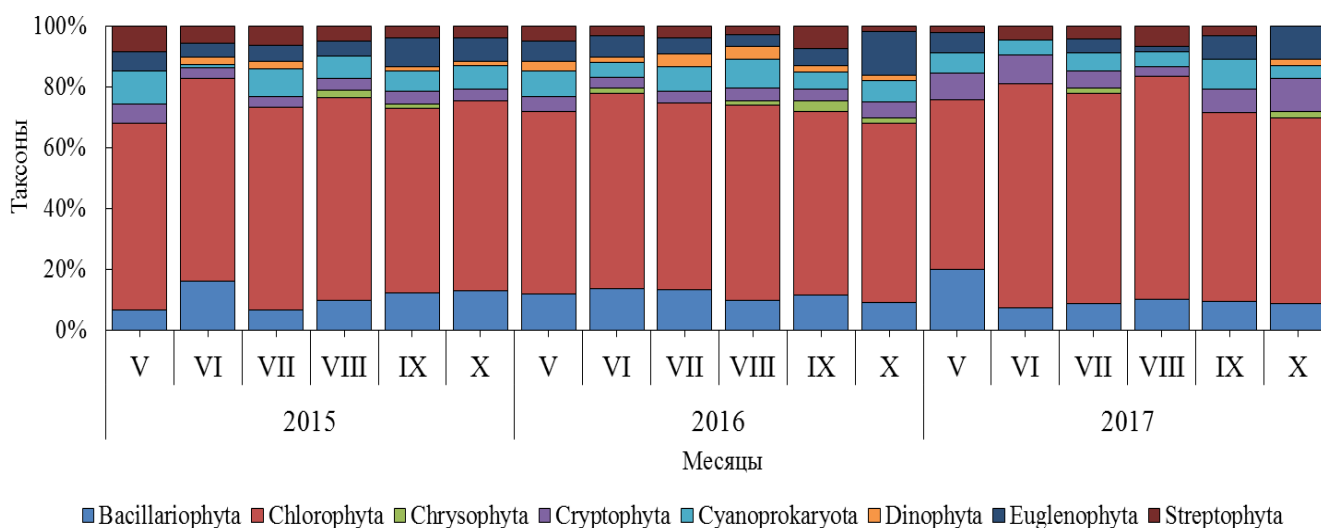


Рис. 4. Соотношение числа таксонов фитопланктона пруда в разные годы

По результатам анализа сезонной динамики численности и биомассы фитопланктона пруда (рис. 5, 6) за 2015-2017 гг. были выявлены различия по годам.

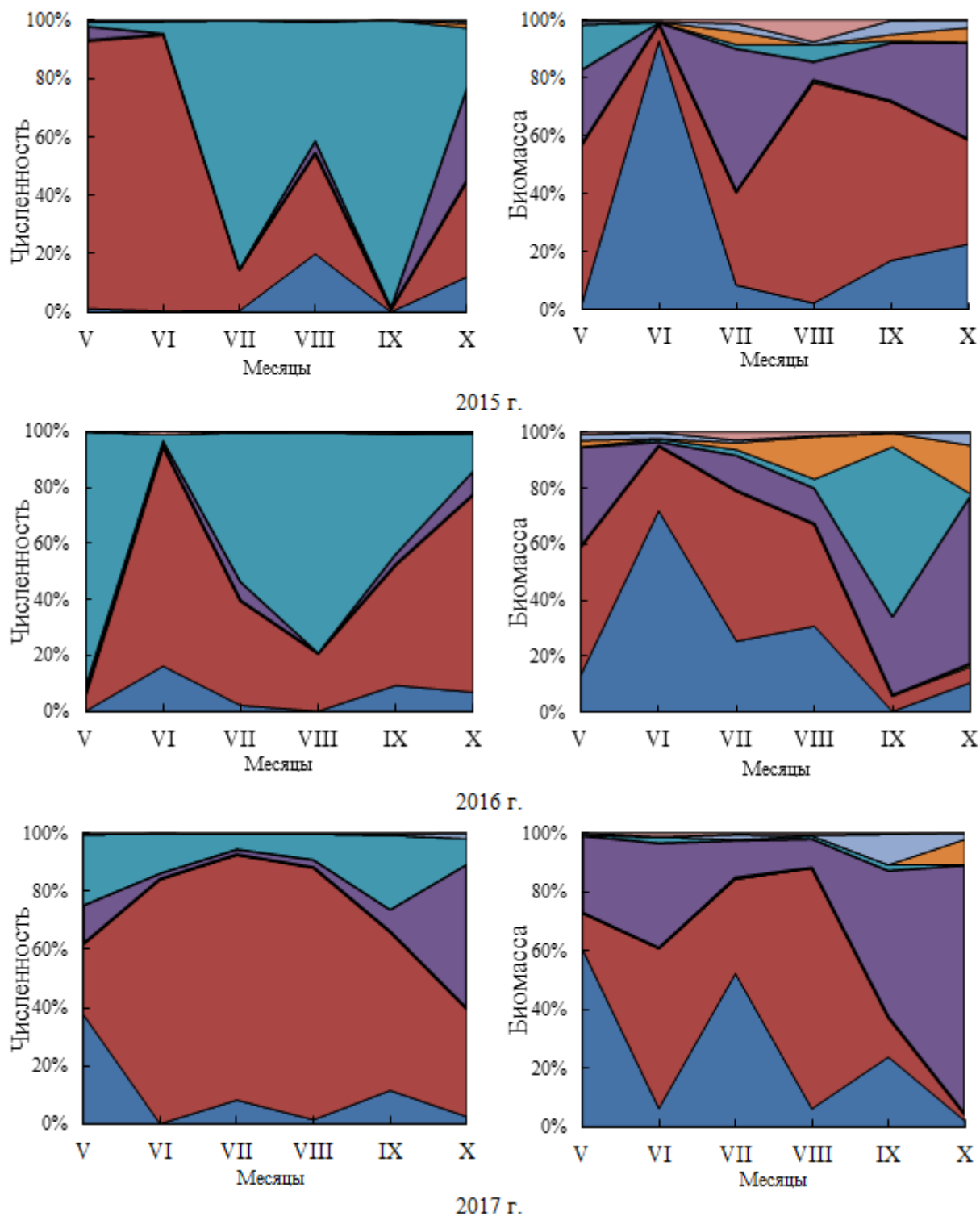


Рис. 5. Доля основных отделов водорослей в динамике общей численности и общей биомассы

В 2015 году наблюдается два пика численности (весенний в мае и летний в августе) и два пика биомассы (летний в июне и осенний в сентябре). В 2016 г. отмечены два пика численности (летний в июле и осенний в сентябре) и два пика биомассы (летний в июне и осенний в сентябре). В 2017 г. зафиксированы два пика численности (летние в июне и августе) и три пика в биомассе (весенний в мае, летний в июле и осенний в октябре).

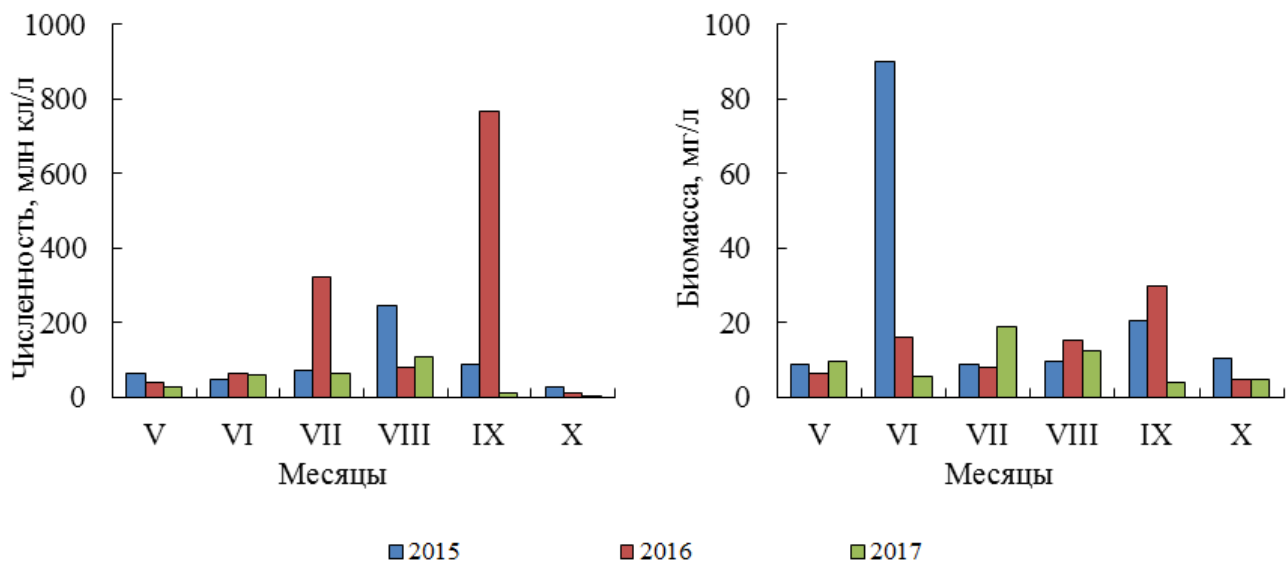


Рис. 6. Сезонная и межгодовая динамика общей численности и биомассы фитопланктона

Пики численности в 2015-2016 гг. связаны с бурным развитием цианопрокариот, составляющих от 79 % до 98 % от общей численности (рис. 5). В 2017 г. пики численности сформированы развитием зеленых водорослей, составляющих 84-87 % от общей численности в этот период.

По биомассе складывается следующая картина: в 2015-2016 гг. первый пик численности наблюдается в июне и сформирован в 2015 г. на 93 % крупноклеточными диатомовыми водорослями, в 2016 г. – 72 % диатомовыми и 23 % зелеными водорослями. Второй пик выявлен в сентябре. В 2015 г. основу биомассы составляют зеленые (55 %), криптофитовые (20 %) и диатомовые (17 %) водоросли, в 2016 г. – многочисленные цианопрокариоты (60 %) и криптофитовые водоросли (28 %). В 2017 г. отмечаются три пика: весенний, в основе которого выделены диатомовые (61 %) и криптофитовые водоросли (26 %); летний – диатомовые (52 %), зеленые (32 %) и криптофитовые (13%) водоросли; осенний – криптофитовые (85 %) водоросли.

### Заключение

В целом проведенные исследования показали, что гидрохимические и термические условия в водоеме очень благоприятны для развития фитопланктона, и длительный теплый период при обилии биогенов способствует формированию нескольких вспышек развития альгофлоры за сезон. На протяжении трех лет наблюдений разные условия развития фитопланктона сказываются на его количественных характеристиках. Динамика развития фитопланктона определялась в 2015-2017 гг. двувёршинной кривой численности с максимумами в мае и августе (2015 г.), в июле и сентябре (2016 г.) и в июне и августе (2017 г.) и двувёршинной кривой биомассы в 2015-2016 гг. с максимумами в июне и сентябре, а в 2017 г. – трехвёршинной кривой с пиками в мае, июле и октябре.

Отмеченное в 2017 г. по сравнению с 2015-2016 гг. снижение общей численности и биомассы фитопланктона произошло на фоне пониженных концентраций азота аммонийного, фосфора фосфатов и нитритов. Такой картине также способствовало слабое развитие цианопрокариот, которые по сравнению с 2017 г. в 2015-2016 гг. давали вспышки численности (до 98 %) и даже биомассы (до 60 %).

Альгофлора пруда Верхний за вегетационный период 2015-2017 гг. характеризовалась как «зелено-диатомово-эвгленово-синезеленая», что характерно для многих городских водоемов [11-15]. В основе формирования численности находятся представители цианопрокариот и зеленых водорослей, в образовании биомассы – криптофитовых, зеленых и диатомовых водорослей. Также отмечено развитие видов, являющихся индикаторами гипертрофного состояния водоемов и возбудителями «цветения воды», таких как *Ceratium hirundinella* (O.F.Müller) Dujardin (динофитовые) и *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek (нитчатые цианопрокариоты), что указывает на эвтрофирование водоема.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Динамика гидрохимических условий системы прудов Верхний-Нижний по материалам летних наблюдений в 1983-2016 гг. / Т.А. Берникова, Н.А. Цупикова, Е.Н. Блоцкая, Е.А. Рябцева // V Всероссийский Балтийский Морской Форум. Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: сб. науч. конф. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. – С. 219-224.
- 2 Влияние самоочищения на качество воды в системе прудов Верхний – Нижний (г. Калининград) летом 2015 г. / Н.А. Цупикова, О.С. Бугранова // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: матер. IX Всеросс. науч.-практ. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2018. – С. 95-98.
- 3 Фитопланктон каскада прудов Верхний-Нижний (г. Калининград) в декабре 2015 года / О.С. Бугранова, Н.А. Цупикова // Естественно – научные исследования, народное хозяйство, современные технологии и технический прогресс: сб. ст. международ. науч. – практич. конф. – Воронеж, 2016. – № 2 (34) – С. 100-105.
- 4 Рябцева Е. А., Цупикова Н. А. Пространственное распределение гидрохимических показателей в верхнем пруду города Калининграда // Известия КГТУ. – 2019. – №54. – С. 61-74.
- 5 Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. Абакумова В. А. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 318 с.
- 6 Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – М.: Наука, 1975. – 240 с.
- 7 Весенний фитопланктон пруда Нижнего (г. Калининград) в 2015 году/О.С. Бугранова // Эколого-географическая и этнокультурная комфортность родного края: молодежная научная конференция: материалы. – Карачаевск: КЧГУ, 2015 – С. 33
- 8 Берникова Т.А. Озера // Калининградская область. Очерки природы. Калининград, 1999. – С. 84-92.
- 9 C.S. Zhao, N.F. Shao, S.T. Yang, H. Ren, Y.R. Ge, P. Feng, B.E. Dong, Y. Zhao Predicting cyanobacteria bloom occurrence in lakes and reservoirs before bloom occur Sci. Total Environ., 670 (2019), pp. 837-848
- 10 Информационная система "Динамические модели в биологии" // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://www.dmb.biophys.msu.ru/registry?article=9825,%20%D0%B5%D1%81%D1%82%D1%8C%20%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8B> (дата обращения 09.09.2020).
- 11 Динамика и условия развития фитопланктона пруда Поплавок (г. Калининград) в 2017 году. / О.С. Бугранова, Е.А. Лозицкая, Н.А. Цупикова // Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов / Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2020. – С. 95-101.
- 12 Охапкин А.Г., Юлова Г.А., Старцева Н.А. Состав и эколого-флористическая характеристика фитопланктона малых водоемов урбанизированных территорий (на примере города Нижнего Новгорода) // Ботанический журнал. – 2002. – Т. 87. – № 2. – С. 78-88.
- 13 Кривина Е.С., Тарасова Н.Г. Фитопланктон урбанизированного водоема (на примере оз. Восьмерка, г. Тольятти, Самарская область) I. Флористический анализ и эколого-географическая характеристика // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – №. 5 (5). – С. 1758-1764.
- 14 Тарасова Н.Г. Фитопланктон Верхнего пруда ботанического сада: таксономический состав и эколого-географическая характеристика // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2007. – Т. 16. – № 1-2 (19-20) – С. 156-166.
- 15 Игошкина И.Ю., Баженова О.П. Таксономический состав и эколого-географическая характеристика водорослей и цианобактерий из планктона водоёма природного парка «Птичья гавань» (г. Омск) // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – №. 3 (113) – С. 44-48.

## **DYNAMICS AND DEVELOPMENT CONDITIONS OF PHYTOPLANKTON IN THE VERKHNY POND (KALININGRAD) IN 2015-2017**

Bugranova Olesya Sergeyevna, Main engineer of the Department of Ichthyology and Ecology  
Lozitskaya Ekaterina Aleksandrovna, PhD student  
Tsoupikova Nadezhda Aleksandrovna, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,  
Associate Professor of Ichthyology and Ecology Department

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",  
Kaliningrad, Russia, e-mail: olesya.bugranova@klgtu.ru; Lozitskaya.EA@yandex.ru;  
tsoupikova@klgtu.ru

*This paper examines the interannual and seasonal dynamics of phytoplankton development in the Verkhny pond, as well as the hydrochemical parameters of the reservoir that form the conditions for phytoplankton development. Research is based upon the data of the integrated monitoring of the pond carried out in 2015-2017. The main purpose of the study is to investigate the dynamics of the phytoplankton development in the pond during the growing season. The paper presents the data of hydrochemical analysis, which made it possible to trace the conditions for the development of the algoflora of the pond, which developed in the reservoir.*

УДК 579.26

## **ВСТРЕЧАЕМОСТЬ БАКТЕРИЙ Р. АСИНЕТОВАСТЕР В ВОДЕ И РЫБЕ ДЕЛЬТЫ Р. ВОЛГИ. ИХ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ**

Ларцева Любовь Владимировна, д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности  
Обухова Ольга Валентиновна, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры гидробиологии и общей экологии

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет»,  
г. Астрахань, Россия, e-mail: lartseva\_lv@mail.ru; obuhowa-ov@yandex.ru

*Представлены результаты многолетних исследований (1987-2010 гг.) по встречаемости бактерий р. Acinetobacter в воде и рыбе дельты р. Волги. Штаммы, выделенные из этих биотопов, обладали факторами патогенности: способностью роста при 37 °С, гемолизинем, протеазой, лецитиназой, каталазой, что позволяет им длительно персистировать в гидроэкосистемах. В сочетании с галофильностью эти бактерии могут сохраняться в соленой рыбной продукции.*

В результате многолетнего антропогенного прессинга происходят существенные изменения микробиоценозов воды и рыбы в пользу увеличения условно-патогенных бактерий (УПБ). В воде и рыбе они могут персистировать продолжительное время, используя эти экологические ниши для передачи своего заразного начала. Сегодня в различных биоценозах формируются новые типы возбудителей сапронозных инфекций, которые приспособились к изменившимся условиям существования, не нуждаясь в теплокровном организме. Между тем, они могут длительно существовать при взаимодействии с водной биотой за счет селективного отбора наиболее жизнеспособных клонов [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Бактерии р. Acinetobacter - грамнегативные, оксидозонегативные, кокковой формы (1,0-1,5 x 1,5-2,5 мкм), строгие аэробы. Оптимум роста 30-32° С. Отнесены к санитарно-значимым микроорганизмам [7]. Они стали привлекать к себе внимание инфекционистов с 80-х гг. XX ст. в связи с

широкомасштабным применением антибиотиков в медицине, ветеринарии. Сегодня *Acinetobacter* sp. входят в число шести самых опасных микроорганизмов для населения развитых стран и относятся к числу широко распространенных возбудителей инфекций, особенно связанных с оказанием различной медицинской помощи. Эпидемиологическая значимость этих микроорганизмов определена наличием у них набора паразитогенных признаков, способных вызывать тяжелые формы различных заболеваний с высоким риском летальности [8, 9, 10]. Заболевания, вызываемые ацинетобактерами, протекали, как правило, тяжело, т.к. многие штаммы обладали антибиотикорезистентностью, энтеротоксигенностью, гемолитической и адгезивной активностью [11, 12, 13, 14, 15]. По мнению авторов, эти микроорганизмы могли быть причиной раневых инфекций, урологических заболеваний, сепсиса, пневмоний, особенно в реанимационных отделениях.

В литературе показано, что у неферментирующих (УПБ), в том числе у ацинетобактеров, температурный фактор является определяющим в их резервуарной роли. Так, при пониженных температурах у них в несколько раз повышается ферментативная активность, что позволяет им не только сохранять свою популяцию, но и повышать численность и вирулентность. Для рыбного хозяйства эти данные имеют особую практическую значимость. Показано, что ацинетобактеры способны не только контаминировать рыбу и другие гидробионты, но и сохранять свою жизнеспособность при их хранении на холоде, превалируя над другой микрофлорой [16, 17, 18, 19]. Однако литературные данные по этим микроорганизмам в ихтиопатологии демонстрируют разную степень изученности и информативности. В основном приводились только упоминания об их нахождении в воде и гидробионтах. При этом, как правило, ацинетобактеры выделяли в ассоциациях с другими УПБ: энтеробактериями, аэромонадами, псевдомонадами и др. Известно, что именно в ассоциациях микроорганизмам проще реализовать свой патогенный потенциал. В природных условиях водоема они образуют разнообразные биотические связи, иногда с гетерогенной популяцией клеток, относящихся к различным таксонам [20]. Однако сведений о способности ацинетобактеров вызывать патологические процессы у рыб в доступной литературе не найдено [16, 17, 21, 2, 4].

Определенную информативную ценность представляют результаты некоторых исследований. Так, при микробиологическом анализе воды и рыбы: осетра и бычков (2001-2005 гг.) в дельте р. Волги и акватории Северного Каспия регистрировали ацинетобактеры. В морской экосистеме преобладали штаммы *Acinetobacter* sp. и *A. haemolyticus*, в речной - *A. calcoaceticus*. В море они изолировались от осетра в 2,9; бычков - 2,6; из воды - в 2,6% случаях. В реке эти бактерии обсеменяли осетров и воду в 5,2 и 7,7% проб, соответственно. Среди неферментирующей микрофлоры у рыб инфицировали жабры (18,2%), кишечник (19,5%), гонады (17,0%) и печень (3,6%) проб. Кроме того, в Среднем Каспии в микробиоценозе гребневиков (*M. leidy*) и воды ацинетобактеры в среднем составляли 6,5% проб. Однако факторы их патогенности не детализированы [21].

В гидроэкосистеме Таганрогского залива Азовского моря (2007-2013 гг.) ацинетобактеры регистрировались обычно весной при температуре воды 18° С. В комплексе неферментирующих бактерий они отмечены в воде в 6,6; рыбе - в 9,2% случаев. В летний период их рост и численность подавляли ферменто-активные аэромонады и энтеробактерии. У бычка-кругляка эти УПБ контаминировали в основном жабры. Все выделенные из воды и рыбы культуры были устойчивы к антибиотикам с увеличением показателей в июле-августе и их снижением в 1,2-1,7 раза в ноябре. Максимальную резистентность ацинетобактеры проявляли ампициллину, эритромицину, фуразолидону [4].

Особую практическую значимость для рыбного хозяйства имеют сведения по галотолерантности микроорганизмов. Слабые концентрации NaCl обычно стимулируют, а сильные - ингибируют процессы их дыхания, метаболизма, подвижности и адгезии; они тормозят размножение бактерий, замедляя гнилостные процессы в рыбе. Обладая галофильностью, они остаются жизнеспособными до готовой соленой продукции, снижая ее качество и пищевую ценность. Поэтому соленая и особенно слабо соленая рыбная продукция требует особого температурного режима при хранении, а также дополнительных технологических процессов, обеспечивающих стойкость к их микробиологической порче. В связи с этим, изначальное присутствие бактерий в рыбном сырье, обладающих галофильностью, можно рассматривать как явление риска при употреблении в пищу недоброкачественных пищевых продуктов, особенно слабого посола [17, 18, 19, 22, 23]. Однако конкретных данных по галотолерантности ацинетобактеров, персистирующих в гидроэкосистемах, в доступной литературе нами не найдено.

Таким образом, отсутствие достаточной информации по механизмам персистенции ацинетобактеров в водных экосистемах и гидробионтах, их гигиеническая значимость и возможная роль как возбудителей сапронозных инфекций людей, послужили основанием для анализа многолетних данных по этим микроорганизмам.

Материалом для данных исследований послужили (1987-2005 гг.) 96 экз. белуги, 295 экз. осетра, 217 экз. севрюги, 50 экз. стерляди; 173 экз. сазана (1987-2004 гг.), 447 экз. судака (1995-2010 гг.), а также 638 проб воды. Полевой материал по белуге собирали в марте-апреле и сентябре-октябре (в речной период их жизни); осетру, стерляди и севрюге - апрель-сентябрь; судаку - апрель-конец октября; сазану - март-ноябрь. Параллельно проводили отбор проб воды по общепринятым методам исследования, соблюдая правила асептики. У рыб анализировали жабры, кишечник, паренхиматозные органы, кровь, мышцы, гонады (икра и молоки осетровых). Из воды и рыбы было выделено более 4500 бактериальных культур, монотипность которых контролировали микроскопированием окрашенных по Граму мазков. Исследования и идентификацию выделенных штаммов проводили общепринятыми методами [24, 25]; кроме того, их тестировали на способность роста при 37° С, продуцирование гемолизина, протеазы, лецитиназы, каталазы, сероводорода и индола. Значения галофильности выделенных из воды и рыбы штаммы ацинетобактеров изучали путем посевов в мясо-пептонный бульон (МПБ) с 3,0; 7,0; 10,0% содержанием NaCl и инкубацией при 37° С. Учет результатов осуществляли через 24 и 48 часов. Статистическую обработку осуществляли компьютерной программой Statistica for Windows.

За период проведения исследований ацинетобактеры обсеменяли практически все виды анализируемых рыб и воду в местах их промысла (рис. 1). Бактерии этого рода, выделенные из воды и рыбы, были представлены *Acinetobacter* sp. и *A. calcoaceticus*. В удельном весе всей выделенной микрофлоры они значительно уступали ферменто-активным энтеробактериям (протеям и цитробактерам) и аэромонадам. Их встречаемость у проходных осетровых (осетре, белуге, севрюге) и полупроходных сазана и судака была в среднем выше, чем в воде в 1,2 раза ( $P < 0,05$ ;  $r = 0,81$ ). Среди анализируемых рыб, они достоверно превалировали у проходных осетровых, что дает основание предположить, что часть выделенных штаммов этих микроорганизмов имели «морское» происхождение. Доминирование «водных» штаммов ацинетобактеров в местах обитания стерляди (верховые акватории дельты) определено их пруроченностью к открытым водотокам, что согласуется с ранее проведенными исследованиями в этом регионе [2, 17, 21]. По-видимому, верховые дельтовые акватории более благоприятны для вегетирования неферментирующих бактерий, чем эвтрофированные и более мелководные зоны дельты и авандельты р. Волги.

Основная локализация выделенных ацинетобактеров отмечена у осетровых и сазана в кишечнике, селезенке и мышцах; у судака - в кишечнике, жабрах и почках. Частота их встречаемости в мышцах всех анализируемых рыб была в среднем выше в 1,3 раза, чем в крови ( $P < 0,05$ ;  $r = 0,87$ ). В гонадах (икре и молоках), а также в мышцах проходных осетровых зарегистрировано их присутствие в  $5,8 \pm 0,8$  и  $8,3 \pm 0,7\%$  случаев, соответственно.

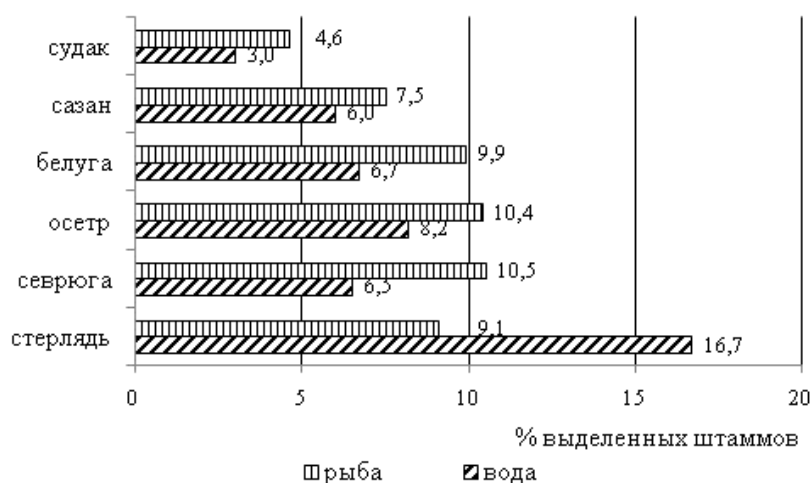


Рис. 1. Частота встречаемости ацинетобактеров, выделенных из воды и исследуемой рыбы.



Изоляты этих микроорганизмов, выделенные из воды и рыбы, регистрировались без выраженной сезонной цикличности, которая была характерна для энтеробактерий, аэромонад и псевдомонад - доминантов микробиоценоза гидроэкосистемы дельты Волги. Отмечен небольшой рост у штаммов, выделенных из воды, а также у белуги и судака в осенний сезон, совпадающий с их заходом в речную экосистему.

Выживаемость УПБ в гидроэкосистемах определена факторами их защиты и агрессии. Показано, что эти микроорганизмы обладают потенциалом патогенности, т. е. качественными и количественными проявлениями их ферментативной активности. Известно, что риск инфицирования этой микрофлорой зависит как от ее численности, так и от патогенных свойств. При этом, генетическая программа бактерий, возбудителей сапронозов, обеспечивает им возможность менять экологические ниши в окружающей среде, где они вели сапрофитический образ жизни [1, 3, 26].

Анализ фактического материала показал (табл. 1), что все исследуемые штаммы ацинетобактеров, выделенные из воды и рыбы, обладали факторами патогенности/персистенции с определенной вариабельностью. Во всех случаях их средние значения были почти на одном уровне, как у выделенных из рыбы, так и из воды, превалируя в последней только в 1,1-1,2 раза ( $P < 0,05$ ;  $r = 0,83$ ).

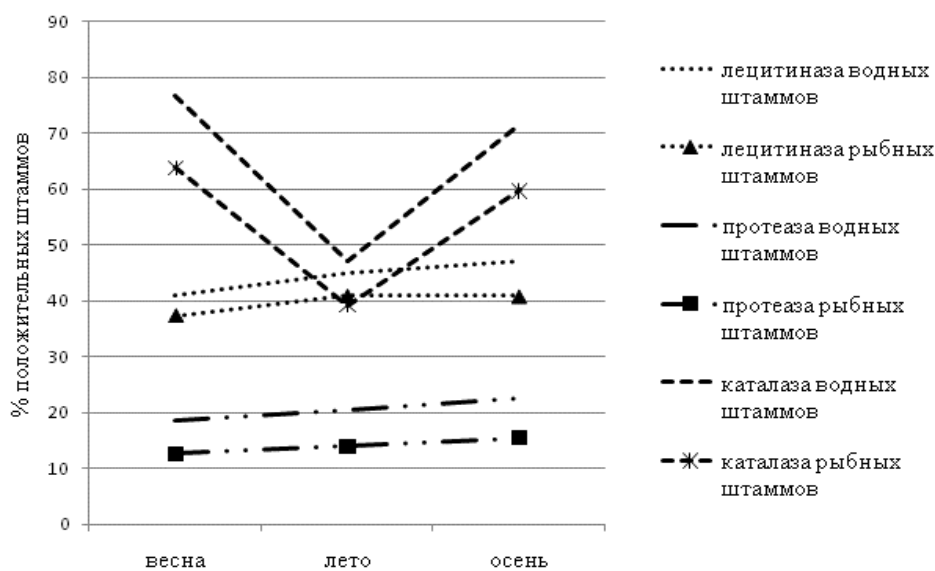
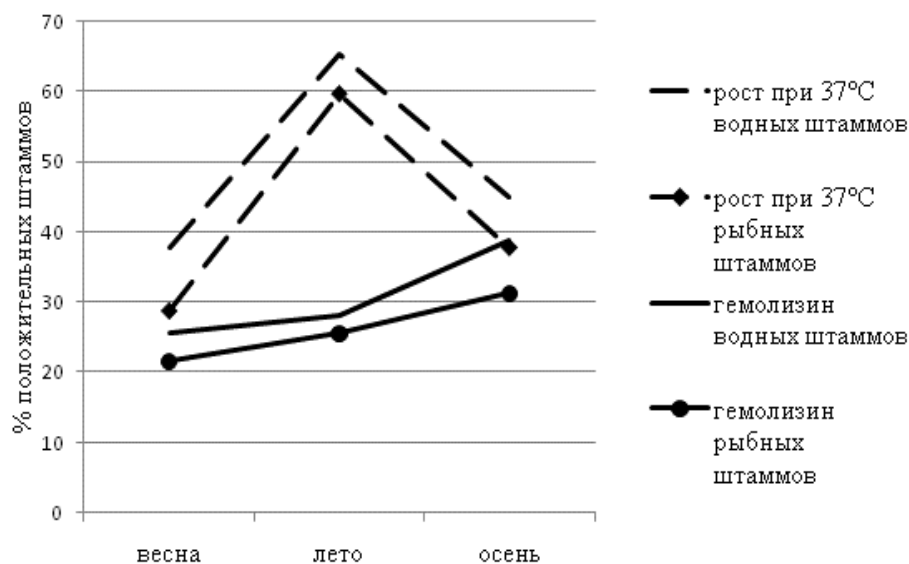
Таблица 1

### Факторы патогенности ацинетобактеров, выделенных из воды и рыбы

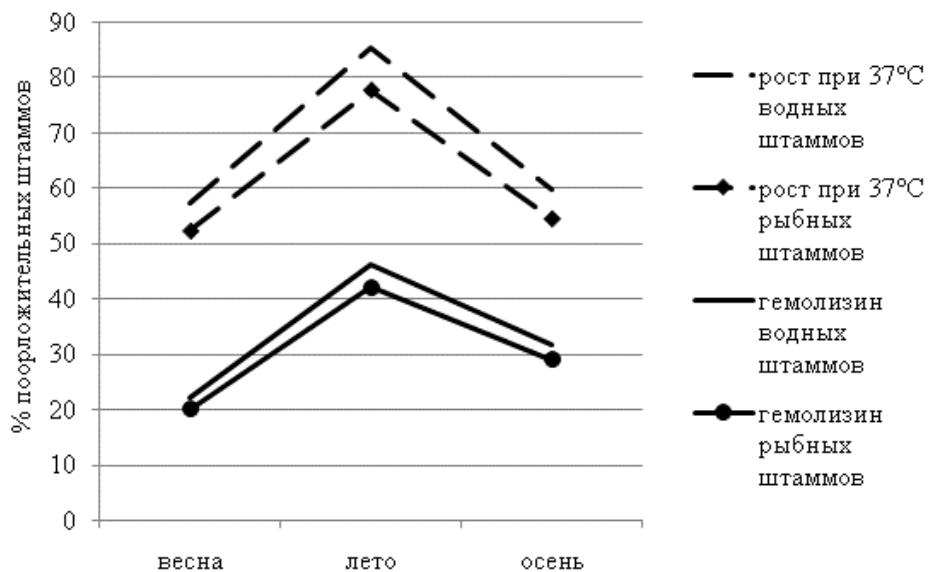
Иссл. биотоп	испытываемые тесты				
	рост при 37°С	протеаза	лецитиназа	гемолизин	каталаза
	процент положительных штаммов				
судак	70,5	32,2	41,7	46,6	85,0
сазан	70,0	35,7	33,9	43,3	89,0
стерлядь	70,8	32,5	34,7	27,2	76,5
белуга	79,4	39,6	38,0	30,0	78,8
осетр	72,6	34,4	35,0	28,8	70,6
севрюга	79,0	38,8	38,6	28,0	75,3
вода	81,1	39,2	44,3	37,4	87,4

Способность роста бактерий при 37° С и продуцирование гемолизина - объективный показатель их экологической пластичности и эпидемиологической значимости. По результатам проведенных исследований жизнеспособность ацинетобактеров при этой температуре была максимальной у штаммов, инфицирующих белугу, осетра и севрюгу, что, по-видимому, определило частую встречаемость этих бактерий у этих видов рыб. Паразитогенные свойства ацинетобактеров, обусловленные продуцированием гемолизина максимальными значениями отмечены у штаммов, выделенных из воды; от судака и сазана, особенно ранней осенью (табл. 1; рис. 2). Показатели гемолизина у этих бактерий, изолированных от проходных осетровых, в среднем были в 1,8 раза ниже, чем их способность к росту при 37° С, что по-видимому обусловлено их фенотипическими особенностями. На примере полупроходного судака и речной стерляди (рис. 2) установлена сезонная цикличность анализируемых бактерий к росту при 37° С. Выявленный подъем их активности в летний сезон, вероятно, был необходим этим микроорганизмам в конкурентной борьбе с ферментативно-активными в это время энтеробактериями и аэромонадами. У «водных», так и «рыбных» штаммов отмечены близкие показатели, что позволяет использовать ацинетобактеры водных экосистем в качестве санитарно-эпидемиологических маркеров.

## Судак



## Стерлядь



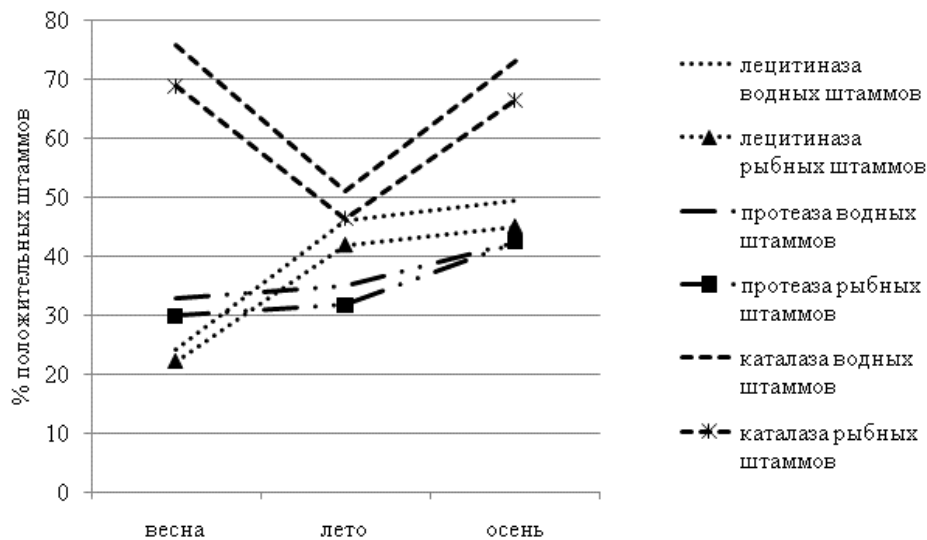


Рис. 2. Сезонная динамика факторов патогенности ацинетобактеров, выделенных из воды и рыбы.

Фермент каталазы необходим микроорганизмам как защитная система в конкурентной борьбе между разными таксонами. Показано, что чем выше ее активность, тем эффективнее они защищены от конкурентов. При понижении температуры воды и, следовательно, увеличении содержания кислорода, происходит усиление ее активности. Максимальные значения каталазы зарегистрированы у штаммов, обсеменяющих сазана и судака (табл. 1), что, по-видимому, связано с фенотипическими особенностями ацинетобактеров с одной стороны и - с другой - спецификой сбора полевого материала, который собирали от этих видов рыб в с ранней весны до глубокой осени (ноябрь) при низких температурах воды. Похожая тенденция по сезонной активности каталазы ранее была зарегистрирована у выделенных от рыб энтеробактерий, аэромонад и неферментирующих псевдомонад [2, 17]. Полученные данные позволяют предположить, что одним из механизмов высокой выживаемости этих микроорганизмов при низких температурах воды является ферментация каталазы.

Протеазы и лецитиназы расщепляют плазменные белки, преодолевают тканевые барьеры, способствуя обсеменности рыбы, вызывая автолиз и порчу, снижая при этом ее пищевую ценность. Разлагаясь до аминокислот под воздействием ферментов, они продуцируют образование аммиака, индола, сероводорода, скатола, гистамина и других веществ [2, 18]. В силу своих фенотипических и генотипических особенностей, значения протеазы и лецитиназы, у выделенных из воды и рыбы штаммов ацинетобактеров были минимальными среди других исследуемых персистентных признаков (табл. 1). Симптоматично, что все изоляты этих микроорганизмов в 11,6% случаев продуцировали сероводород и индол в виде слабых следов. Как и в предыдущих случаях, все штаммы этих бактерий, выделенные от проходных осетровых (булуги, осетра и севрюги), обладали самым высоким потенциалом протеазы. Лецитиназа у изучаемых штаммов бактерий была весьма значимой у этих же видов осетровых, но ее максимальные показатели регистрировали у изолятов, обсеменяющих судака (табл. 1), что, по-видимому, определено микрофлорой его «пищевых партнеров» во время нагула.

Цифровые значения, приведенные на рис. 2., показали незначительный сезонный рост (в 1,1 раза) лецитиназной активности у штаммов, выделенных из воды и судака, но динамичный подъем этого персистентного признака у изолятов, обсеменяющих воду и стерлядь. Его показатели были выше «водных» и «рыбных» штаммов в 2,0 раза осенью, по сравнению со значениями, полученными весной. Ферментация протеазы у изолятов, выделенных из воды и судака, увеличивалась от весны к осени в 1,2 раза, а из воды и стерляди, - соответственно, в 1,3 и 1,4 раза. При этом, ее значения у штаммов, обсеменяющих судака, были в 1,5 раза ниже, чем выделенные из воды ( $P < 0,05$ ;  $r = 0,81$ ).

Следовательно, результаты многолетнего мониторинга показали, что ацинетобактеры, не являясь доминантами в микробиоценозе дельты р. Волги, обсеменяли практически все исследуемые виды рыб и воду в местах их обитания и промысла. Важным и определяющим механизмом их высокого адаптационного потенциала являлись факторы патогенности/персистенции. Способность их роста при  $37^{\circ}\text{C}$  и ферментация гемолизина свидетельствуют об их высокой экологической пластичности и санитарно-эпидемиологической значимости. Высокая каталазная активность, видимо,

позволяет этим микроорганизмам сохранять свою жизнеспособность при хранении рыбы на холоде и превалировать над другой микрофлорой. Ранее было установлено, что у свежеевыловленного судака в мышцах ацинетобактеры выделялись в 18,2%; через месяц их хранения в морозильной камере при - 18,0° С - в 28,6% случаях [17].

Анализ многолетнего фактического материала по галотолерантности выделенных из воды и рыбы ацинетобактеров представлен в табл.2. Все штаммы исследуемых бактерий, обсеменяющие проходных осетровых, были галофильнее, чем инфицирующие речную стерлядь, а также полупроходных судака и сазана во всех испытываемых концентрациях поваренной соли, соответственно, в 1,4; 1,8 и 2,2 раза. По-видимому, это связано с тем, что для высокоорганизованных проходных осетровых характерна высокая экологическая пластичность осморегулирующей системы. Показано, что эти виды рыб эффективно поддерживают относительно постоянный водно-солевой состав внутренней среды при значительном снижении солёности речной экосистемы [27]. В связи с этим, вполне вероятно, что часть штаммов бактерий таким образом может попадать из морской среды с рыбой во время ее нерестовой миграции. В любом случае, окончательный ответ на этот вопрос может дать только молекулярно-генетический анализ ее микрофлоры.

Таблица 2

### Галотолерантность ацинетобактеров, выделенных из воды и рыбы

Концентрация р-ра NaCl, г/л	исследуемый объект						
	осетровые				судак	сазан	вода
	белуга	севрюга	осетр	стерлядь			
процент положительных штаммов							
3,0	81,7	79,4	78,6	51,2	57,7	57,0	71,1
7,0	75,0	38,7	37,7	25,8	28,8	29,4	42,3
10,0	37,4	24,2	23,7	12,0	13,0	12,7	18,9

Показатели галотолерантности в концентрации 7,0% с NaCl у «водных» изолятов анализируемых бактерий были в 1,3 раза выше в местах промысла судака и сазана, по сравнению с полученными данными в местах обитания стерляди, которые не подвержены сезонным нагонным морянными течениям, как дельтовые акватории. Небольшая сезонная цикличность галофильности отмечена у ацинетобактеров, выделенных из воды и речной стерляди в летний сезон. Штаммы, выделенные из воды и рыбы, летом были в 1,2 и 1,1 раза выше весенних значений и осенних значений, соответственно. При этом, солеустойчивость «водных» штаммов во всех концентрациях поваренной соли была в 1,2-1,3 раза выше, чем выделенных от рыб ( $P < 0,05$ ;  $r = 0,91$ ). Полученные данные дают основание отнести ацинетобактеры к факультативным галофилам, осмостаз которых обеспечивает их высокую жизнеспособность в 3,0 и 7,0% солевых растворах, особенно в летний сезон. Невысокая, но стабильная галофильность этих бактерий, персистирующих в воде и рыбе, в 10,0% растворе с NaCl, по-видимому, необходима им в конкурентной борьбе с активными в это время энтеробактериями и аэромонадами и является одним из механизмов их адаптационного механизма.

Этот прогностический признак обусловлен как абиотическими факторами, в частности, солёностью воды, так и биотическими взаимоотношениями микроорганизмов и гидробионтов. Следовательно, полученные данные показали высокий адаптационный потенциал в виде галофильности персистирующих в водной экосистеме неферментирующих ацинетобактеров и дают основание прогнозировать их жизнеспособность вплоть до готовой рыбной продукции. В пользу этого прогноза свидетельствуют результаты ранее проведенных экспериментальных работ. Так, штаммы ацинетобактеров в мышцах свежеевыловленных осетровых изолировались в 8,3%; в готовой балычной продукции - в 46,2% случаев. В икре свежеевыловленных осетровых эти микроорганизмы составляли 5,8%; после ее пробивки - 14,3%; в готовой соленой икорной продукции - 13,9% проб (Ларцева, 1998), что дает основание для их регламентирования в рыбной продукции.

Таким образом, результаты многолетнего микробиологического мониторинга (1987-2010 гг.) проведенного в дельте р. Волги, показали встречаемость ацинетобактеров в воде (3,0-16,7%) и рыбе (4,6-10,5%) проб от всей выделенной микрофлоры. Почти во всех случаях эти бактерии выделяли из воды в среднем ниже в 1,3 раза, чем от рыбы. Установлено, что они чаще инфицировали про-

ходных осетровых: белугу, осетра, севрюгу, чем речную стерлядь, а также полупроходных сазана и судака. Аналогичная тенденция выявлена по факторам патогенности/персистенции у ацинетобактеров, обсеменяющих воду и рыбу. Выявленные максимальные значения галофильности у штаммов этих бактерий, инфицирующих проходных осетровых, дают основание предполагать, что некоторая их часть имеет «морское» происхождение.

Полученные данные свидетельствуют о высоком адаптационном механизме и экологической пластичности этих микроорганизмов, а также целесообразности их дальнейшего углубленного изучения. Благодаря факторам персистенции, они могут длительно существовать в воде и рыбе и даже конкурировать с доминирующими в дельте р. Волги ферментно-активными энтеробактериями и аэромонадами. Обладая определенной галофильностью, они способны оставаться жизнеспособными в соленой рыбной продукции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коренберг Э.И. Преадаптивное происхождение возбудителей природноочаговых зоонозов // Успехи соврем. Биологии. - 2005. - вып.5. №2. - С.131-139.
2. Обухова О.В., Ларцева Л.В. Микробиоценоз воды и судака (*Sander lucioperca*) в дельте р. Волги. - СПб. Из-во: Проект науки, 2015. – 224 с.
3. Андруков Б.Г., Сомова Л.М., Тимченко Н.Ф. Эволюция понятия сапронозы и трансформация экологической концепции паразитизма в инфектологии // Журн. микробиол. - 2017. - №5. - С.119-126.
4. Морозова М.А. Экологические особенности формирования микробиоценоза рыб Таганрогского залива Азовского моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Ростов-на-Дону, 2017. – 23 с.
5. Peterson A., Guardabassi L., Olsen J.E. Selektion for antibiotika resistens i *Acinetobacter* spp. i spildevand // Dan. Veterinaertidsskr. - 2000. - 83. - №7. - P. 6-9.
6. Shreedevi S., Rathod J. L. Isolation and enumeration of bacterial flora in false trevally, *Lactarius lactarius*, of Karwar, central west coast of India // Indian J. Geo-Mar. Sci. - 2011. - 40. - № 4. - P.583-586.
7. Пивоваров Ю. П., Королик В. В. Санитарно-значимые микроорганизмы. - М.: ИКАР, 2000. - 267 с.
8. Кузьменко С.А., Шмакова М.А., Штернис Т.А. Закономерности эпидемического процесса инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, вызванных бактериями родов *Klebsiella* и *Acinetobacter* у детей // Тихоокеанск. мед. журн. Владивосток. Тихоокеанск. Гос. Мед. Ун-т. - 2018. - №3 (73). - С.83-86.
9. De Vos D., Pimay J. P., Bilocq E. Molecular epidemiology and clinical impact of *Acinetobacter calcoaceticus* – *baumanni* complex in a Belgian Burn Wound Center // Plo SONE. - 2016. - Vol. 11. - № 5. - P. e0156237.
10. Dramowski A., Aucamp M., Bekker A. Infections diseases exposures and outbreaks at a South African neonatal unit with review neonatal outbreak epidemiology in Africa // Int. J. Infect. Dis. - 2017. - Vol. 57. - P.79-85.
11. Гординская Н.А., Сабирова Е.В., Абрамова Н.В. Особенности нозокомиальных штаммов *Acinetobacter* spp. в травматологической клинике // Клин. микробиол. и антимикроб. химиотерапия /ЭИ/. - 2013. - 15. №2. - С.143-146.
12. Носкова О.А., Анганова Е.В., Гвак Г.В., Савилов Е.Д. Эпидемические аспекты сепсиса. Журн. микробиол.- 2018. - №5. - С.121-126.
13. Селиванова Е.А., Хлопко Ю.А., Плотников А.О. Детекция потенциально патогенных бактерий в солоноватых реках Приэльбронья методом высокопроизводительного секвенирования. Журн. Микробиол. - 2018. - №4. - С.87-95.
14. Joly Guillou M.L. Clinical impact and pathogenicity of *Acinetobacter* // Clin. Microbiol. Infect., - 2005. - Vol.11, - pp.868-873.
15. Gao Feng, Wang Yue, Liu Yan-Jie. Genome sequence of *Acinetobacter baumannii* // J. Bacteriol. - 2011. - Vol. 193. - no. 9. - pp. 2365–2366.
16. Ларцева Л.В. Рыбы и другие гидробионты - резервенты грамотрицательной неферментирующей микрофлоры. Ее санитарно-эпизоотическая и эпидемиологическая значимость // Информ. Пакет «Рыбное хоз-во»: Сер. Аквак-ра. М. - 1997. - №1. - С.1-27.

17. Ларцева Л.В. Гигиеническая оценка по микробиологическим показателям рыбы и рыбных продуктов Волго-Каспийского региона: автореф. дис. ... докт. биол. наук. - М., 1998. - 44с.
18. Долганова Н.В., Першина Е.В., Хасанова З.К. Микробиология рыбы и рыбных продуктов. - М.: «Мир», 2005. - 224с.
19. Liston J. Microbial hazards of seafood consumption // Food Technol. - 1990. - Vol. 44, no. 12. - pp. 58–62.
20. Немцова Н.В. Гидробиоценозы — модельная система ассоциативного симбиоза // Журн. Микробиол. - 2015. - №4. - С.49-54.
21. Лисицкая И.А. Бактериальные сообщества некоторых компонентов экосистемы дельты Волги и Северного Каспия: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Астрахань, 2008. - 23с.
22. Микрофлора дальневосточных морей и ее влияние на продукцию из промысловых объектов / Л. В. Шульгина, Г. И. Загородная, Ю. П. Шульгин, Т. М. Бывальцева, Л. М. Галкина // Гигиена и санитария. М. - 1995. - № 1. - С. 14–16.
23. Larpent J. P. Microbiologie et aliments // Ind. alim. et agr. - 2000. - Vol. 117, no. 6. - pp. 47–58.
24. Берджи Краткий определитель бактерий. - М.: Из-во «Мир», 1980. - 495с.
25. Берджи Определитель бактерий. - М.: Из-во «Мир», 1997. - 432с.
26. Бухарин О.В. От персистенции к симбиозу // Микробиология. - 2012. - №4. - С.4-9.
27. Металлов Г.Ф. Физиолого – биохимические механизмы эколого – адаптационной пластичности осморегулирующей системы осетровых рыб: автореф. дис. ... докт. биол. наук. - Астрахань, 2002. - 46 с.

## **OCCURRENCE OF R. ACINETOBACTER BACTERIA IN WATER AND FISH OF THE VOLGA RIVER DELTA. THEIR SANITARY AND HYGIENIC SIGNIFICANCE**

Lartseva Lyubov Vladimirovna, doctor of biology, Professor, Professor of the Department of ecology, nature management, land management and life safety

Obukhova Olga Valentinovna, candidate of biological Sciences, associate Professor, associate Professor of the Department of hydrobiology and general ecology

"Astrakhan state university", Astrakhan, Russia,  
e-mail: lartseva\_lv@mail.ru; obuhova-ov@yandex.ru

*The results of long-term studies (1987-2010) on the occurrence of R. Acinetobacter bacteria in water and fish of the Volga river Delta are presented. The strains isolated from these biotopes had pathogenicity factors: the ability to grow at 37 °C, hemolysin, protease, lecithinase, catalase, which allows them to persist in hydroecosystems for a long time. When combined with halophilicity, these bacteria can persist in salted fish products.*

## ЗАРАЖЁННОСТЬ ПАРАЗИТИЧЕСКИМИ РАЧКАМИ *ACHTHERES PERCARUM* ОКУНЕВЫХ РЫБ В ДЕЛЬТЕ Р.ВОЛГИ

Терпугова Надежда Юрьевна, ст. специалист  
Воронина Елена Александровна, канд. биол. наук, ст. научный сотрудник  
Проскурина Виктория Владимировна, зав. лабораторией ихтиопатологии

Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»),  
г. Астрахань, Россия, e-mail: n.terpugova@bk.ru

*В статье приведены данные за последние пять лет (2015-2019 гг.) о встречаемости паразитических рачков р. Achtheres (Nordmann, 1832) в водоёмах дельты р. Волги. Результаты исследований показали, что в течение всего периода в паразитофауне судака и окуня присутствовали паразитический рачки, локализовавшиеся в жабрах, ротовой полости и глотке. Наибольшее количество зараженного судака отмечено на востоке дельты Волги. Максимальный уровень инвазии выявлен в 2019 г. с проявлением характерных признаков заболевания. Изменения численности паразита и уровня инвазии связаны с биотическими и абиотическими факторами.*

Веслоногие ракообразные *Achtheres percarum* (Crustacea: Lernaepodidae) являются специфичными паразитами окуневых рыб, локализирующимися в жаберном аппарате и в ротовой полости, в частности у судака *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) и у окуня *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758). Данный вид паразитической копеподы является эпизоотически значимым. Несмотря на то, что крустацеозы не вызывают стопроцентную гибель хозяина, однако способны наносить огромный ущерб рыбному хозяйству, проявляющийся в замедлении темпа роста, снижении упитанности и плодовитости рыб. Целью исследования является анализ уровня заражённости окуневых рыб патогенетическими рачками *A. percarum* в дельте р. Волги.

Сбор и обработку материала проводили в Астраханской области в 2015-2019 гг. на основных водотоках западной (Главный банк) и восточной части (Белинский банк) дельты р. Волги. Работы были проведены согласно общепринятым в паразитологии методам [1, 121 с.]. Всего проанализировано 722 экземпляра половозрелого судака и более 1000 экземпляра половозрелого окуня.

Результаты проведенных исследований показали, что наиболее подвержен инвазии *A. percarum* судак, средний уровень заражённости которого был  $41,66 \pm 5,32$  %. Поражение окуня паразитическими рачками значительно меньше –  $2,50 \pm 1,09$  % (табл.).

Таблица

**Заражённость судака и окуня *A. percarum* в 2015-2019 гг. в дельте Волги**

Год исследования	Вид рыбы	Показатели заражённости		
		ЭИ, %	ИИ, экз.	ИО, экз.
2015 г.	судак	44,36	1–10	1,70
	окунь	0,48	4	0,02
2016 г.	судак	20,56	1–8	0,35
	окунь	2,50	1–2	0,03
2017 г.	судак	38,55	1–11	1,41
	окунь	2,00	1–2	0,02
2018 г.	судак	49,54	1–23	1,52
	окунь	0,50	1	0,01
2019 г.	судак	55,29	1–16	2,11
	окунь	7,00	1–3	0,10
2015-2019 гг.	судак	$41,66 \pm 5,32$	1–23	$1,41 \pm 0,26$
	окунь	$2,50 \pm 1,06$	1–4	$0,03 \pm 0,01$

Максимальные показатели заражённости у обоих представителей окуневых рыб составлявшие у судака ЭИ–55,29 % и окуня ЭИ–7,00 % отмечены в 2019 г. В весенний период того же года было выявлено заболевание вызванное данными паразитическими ракообразными у 1,62 % обследованного судака. Развития заболевания в весенний период этого года, вероятно, связано с прогревом воды во втором квартале (в среднем 14°C), что способствовало раннему развитию яиц и быстрому созреванию самок. Известно, что температурный режим водоёма и уровень паводка могут как положительно, так и отрицательно влиять на плодовитость и развитие рачка [2, 23 с.]. У обследованного окуня в этот период исследования заболевание не возникало, но индекс обилия паразита был в его компонентном паразитарном сообществе увеличился в 10 раз. Рыбы, пораженные ахтериозом характеризовались повышенным ослизнением дыхательного аппарата, уплотнением и деформацией жаберных лепестков в местах прикрепления ракообразного, а также некрозов ткани на отдельных участках (рисунок 1).



Рис. 1. Жабры судака, пораженные *A. percarum* в дельте Волги

Ранее заболевание судака ахтериозом в дельте Волги отмечали лишь в весенний период 2009 и 2010 гг. у 0,93 % рыб. Интенсивность инвазии при заболевании изменялся от 12 до 19 экз. ракообразных на особь. Проявление крустацеоза также сопровождалось вышеназванной симптоматикой. [3, С. 91-93]. Стоит отметить, что паразитические рачки ярко проявляют свою патогенность при смешанной инвазии [4, С. 62-65].

Паразитические ракообразные поражали не только жабры, но и ротовую полость, и глотку обследованных особей (рисунок 2).

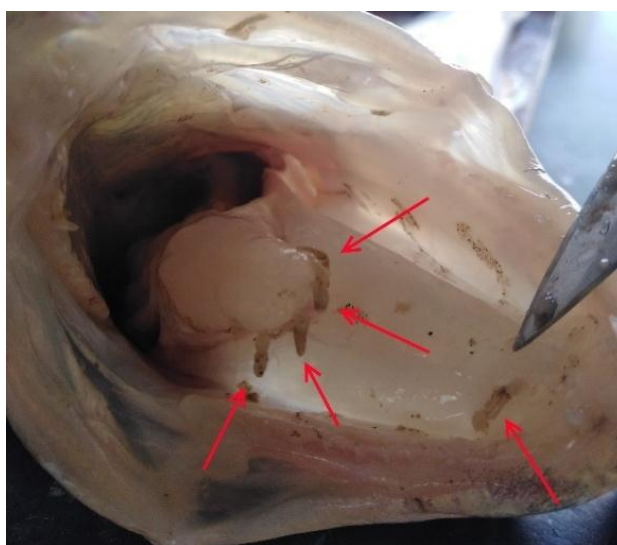


Рис. 2. Ротовая полость судака, поражённая *A. percarum* в дельте Волги



Такая локализация паразита, возможно, связана с продолжительной и неблагоприятной в токсикологическом плане обстановкой в водоёме, когда паразит ищет для себя более благоприятную экологическую нишу. Согласно литературным данным паразитический вид *A. percarum* является одним из наиболее устойчивых водных организмов к комплексному влиянию токсикантов [2, 23 с.]. Стоит отметить, что у обследованного окуня ракообразные локализируются в ротовой полости, крайне редко поражают органы дыхания. Заболевание вызываемое паразитическими ракообразными *A. percarum* у окуня не регистрируют.

Результаты анализа показали, что чаще зараженного судака регистрировали в восточной части дельты Волги, чем в западной. Экстенсивность инвазии рыб в среднем составляла  $50,57 \pm 6,02$  % и  $26,08 \pm 8,72$  %, соответственно районам (рисунок 3).

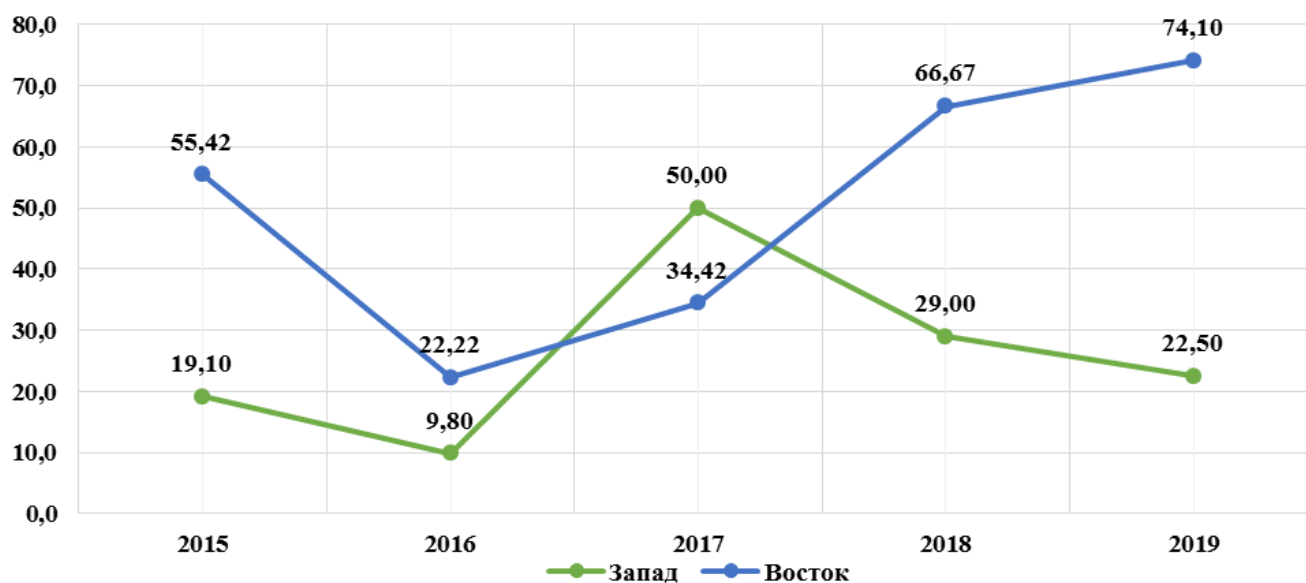


Рис. 3. Заражённость судака паразитическими рачками *A. percarum* в восточной и западной частях дельты р. Волги, %

В последние три года (2017-2019 гг.) в восточной части дельты Волги зарегистрировано нарастание уровня зараженности судака паразитическими ракообразными, обусловленные увеличением численности этих копепод в паразитоценозах. Индекс обилия в этот период увеличился почти в 4 раза (от 0,82 до 3,06 экз.). Анализ распределения заражённого окуня, проведённый в 2019 г. показал, что наиболее часто инвазированных особей встречали в западной зоне. Степень заражения окуня рачком *A. percarum* в указанной зоне составлял 10,0 %, против 4,0 % в восточной зоне дельты Волги.

Таким образом, за пятилетний период (2015-2019 гг.) в паразитоценозах судака и окуня ежегодно отмечали паразитических ракообразных р. *Achtheres*. Из обоих представителей окуневых рыб особо восприимчив к инвазиям – судак. Максимальный уровень зараженности рыб выявлен в 2019 г., который провоцировал развитие инвазионного заболевания – ахтериоз судака. Чаще всего зараженного судака регистрировали в восточной части дельты Волги (Белинский банк). В последний год исследований (2019 г.) наиболее часто поражённого окуня отмечали в западной части дельты Волги (Главный банк). Уровень инвазии и степень патогенности рачков были обусловлены благоприятным температурным режимом и биологическими особенностями возбудителя.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб: руководство по изучению. – Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1985. – 121 с.
2. Богданова Е.А. Паразиты рыб как биоиндикаторы токсикологической ситуации в водоёмах. – СПб.: Изд-во ГосНИОРХ, 1993. – 23 с.

3. Володина, В.В., Конькова А.В., Воронина Е.А. Инвазионные заболевания промысловых видов рыб дельты Волги // Рыбное хозяйство, 2015. № 4. – С. 91-93.

4. Зубкова Л.А., Ларцева Л.В., Степанова Г.А., Вьюшкова Л.А., Валедская О.М. Эколого-эпизоотическая обстановка в промысловых водоёмах Волго-Каспийского бассейна // Паразиты и болезни рыб. – М.: Изд-во ВНИРО, 2000. – С. 62-65.

## **INFECTION WITH PARASITIC CRAYFISH *ACHTHERES PERCARUM* IN PERCH FISH IN THE VOLGA RIVER DELTA**

Terpugova Nadezhda Yurievna, Senior Specialist

Voronina Elena Aleksandrovna, Candidate of Biology, Senior Researcher

Proskurina Victoria Vladimirovna, Head of the Laboratory of Ichthyopathology

Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography,  
Astrakhan, Russia, e-mail: n.terpugova@bk.ru

*The article presents data for the last five years (2015-2019) on the occurrence of parasitic crustaceans of the *Achtheres* river (Nordmann, 1832) in reservoirs of the Volga river Delta. The results of research showed that during the entire period in the parasitofauna of zander and perch, parasitic crustaceans were present, localized in the gills, mouth and pharynx. The largest number of infected walleye was observed in the East of the Volga Delta. The maximum level of infestation was detected in 2019 with the manifestation of characteristic signs of the disease. Changes in the number of parasites and the level of infestation are associated with biotic and abiotic factors.*

## СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ВОДОЕМОВ»

### SECTION "BIOLOGICAL RESOURCES OF THE WATER RESERVOIRS"

УДК 597:591.524.12(269)

#### ИХТИОПЛАНКТОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ АТЛАНТИКИ В 2020 Г.

<sup>1</sup>Архипов Александр Геральдович, д-р биол. наук, научный координатор

<sup>2</sup>Пак Регина Анатольевна, аспирант

<sup>1</sup>Симонова Татьяна Александровна, старший инженер

<sup>2</sup>Дюшков Николай Павлович, аспирант

<sup>1</sup>Атлантический филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («АтлантНИРО»),

Калининград, Россия, e-mail: arkhipov@atlantniro.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия, e-mail: pak.regina@bk.ru

*Для освоения сырьевой базы океанических районов необходимо проводить регулярные комплексные исследования водных биоресурсов и среды их обитания. Антарктическая часть Атлантики (АЧА) – традиционный район российских экспедиционных исследований. Изучение изменений в распределении, качественном и количественном составе массовых рыб на ранних фазах их развития являются важными составляющими рациональной эксплуатации водных биоресурсов. Проведён анализ распределения и качественного состава ихтиопланктона, собранного в 2020 г. во время научной экспедиции в АЧА.*

Необходимость расширения океанического рыболовства в Атлантическом океане делает актуальным освоение дополнительной сырьевой базы, способной обеспечить устойчивый долговременный рост добычи водных биологических ресурсов при наращивании добывающих мощностей промыслового флота. Такой дополнительной сырьевой базой в Атлантическом океане являются районы Антарктической части Атлантики (АЧА). АЧА расположена в водах так называемого Южного океана южнее 50° ю.ш., в районе Фолклендских островов – южнее 60° ю.ш. Океанологический режим в этой части Атлантики в значительной степени формируется насыщенным биогенами Антарктическим циркумполярным течением, которое огибает Антарктиду с запада на восток [1].

Для освоения сырьевой базы океанических районов необходимо проводить регулярные комплексные исследования водных биоресурсов и среды их обитания. Антарктическая часть Атлантики – традиционный район российских экспедиционных исследований. После длительного перерыва с ноября 2019 по май 2020 г. ФГБНУ «ВНИРО» и его Атлантическим филиалом («АтлантНИРО») была проведена научная экспедиция в АЧА, посвящённая 200-летию открытия Россией Антарктиды.

Изучение и анализ изменений распределения и численности массовых рыб на ранних фазах их развития являются важными составляющими рациональной эксплуатации водных биоресурсов, базирующейся на прогнозировании численности будущих поколений с различной заблаговременностью. Динамика численности ихтиопланктона в значительной степени определяет колебания запасов взрослых рыб, так как основные параметры численности поколений рыб закладываются в течение ранних периодов жизни – эмбрионального, личиночного и малькового [2-5].

Цель настоящего исследования – анализ распределения и качественного состава ихтиопланктона, собранного в 2020 г. во время научной экспедиции в АЧА.

## Материал и методика

Экспедиционные научно-исследовательские работы в АЧА выполнялись на СТМ «Атлантида» ФГБНУ «ВНИРО» в районах Южных Оркнейских и Южных Шетландских островов, Антарктического полуострова и сопредельных с ними акваторий (рис. 1). Ихтиопланктонные работы велись в ходе комплексных исследований в летне-осенний сезон южного полушария (январь-март 2020 г.). Отбор проб ихтиопланктона выполнялся на заранее выбранных станциях, которые были равномерно распределены по всей акватории съёмки. Сбор осуществлялся в светлое время суток в дрейфе судна путем вертикальных обловов слоя воды 0-200 м (0-дно) с учётом угла отклонения троса. Ихтиопланктон облавливался планктонной сетью Богорова-Расса 80/113 с площадью входного отверстия 0,5 м<sup>2</sup> и фильтрующим сетом из капронового газа № 21 (размер ячеек около 350 мкм). Пробы фиксировались 3-5%-м раствором формальдегида. Дальнейшая обработка материалов производилась в лабораторных условиях под бинокулярными микроскопами МБС-10 (увеличение 8 x 2, 8 x 4). В ходе камеральной обработки определялись качественный и количественный составы икринок и личинок рыб по стандартным методикам [6-8]. Всего собрано и обработано 74 пробы ихтиопланктона.

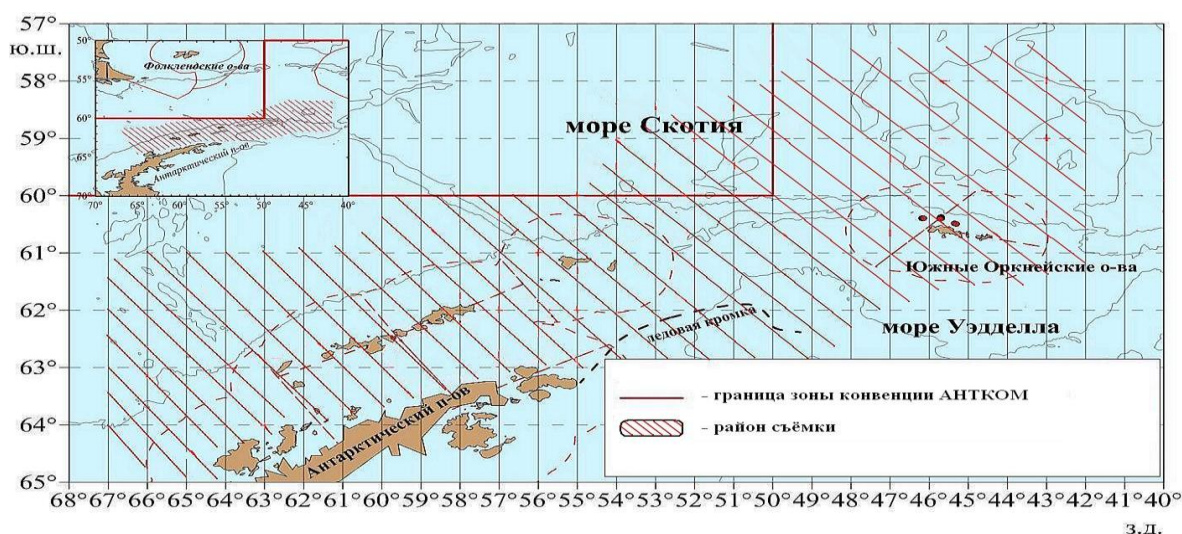


Рис. 1. Район съёмки

## Результаты и обсуждение

В АЧА, по разным оценкам, обитает более 150 видов рыб из примерно 50 семейств [9-12]. Многие из них имеют пелагические фазы развития (икринки, личинки), которые облавливаются ихтиопланктонными сетями. Относительно крупные скопления могут образовывать ранние стадии развития рыб семейств *Mycophidae*, *Gonostomatidae*, *Nototheniidae* и некоторых других. В наших пробах были обнаружены икринки и личинки вышеперечисленных семейств в количестве от 1 до 5 экз. за лов. Видовой состав ихтиопланктона и его встречаемость (% проб с определённым видом от общего количества проб) представлены в таблице. Места поимки ихтиопланктона показаны на рисунке 2.

Таблица

### Видовой состав и встречаемость ихтиопланктона

Виды	Икринки	Личинки	Встречаемость, %
Сем. <i>Gonostomatidae</i>			
<i>Gonostomatidae</i> sp.	+	-	4,1
Сем. <i>Mycophidae</i>			
<i>Electrona antarctica</i>	-	+	12,2
<i>Mycophidae</i> sp.	-	+	1,4
Сем. <i>Nototheniidae</i>			
<i>Notothenia</i> sp.	-	+	2,7

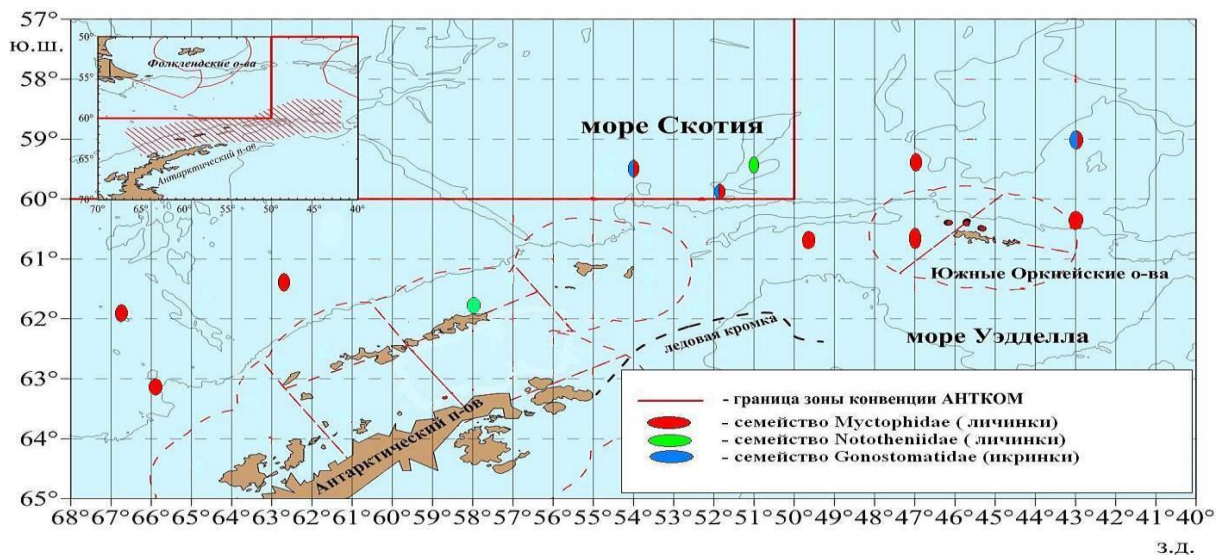


Рис. 2. Распределение ихтиопланктона

Наиболее часто в пробах отмечались личинки сем. *Mucrophiidae*, которые встречались практически по всему полигону исследований. Икринки сем. *Gonostomatidae* и личинки сем. *Nototheniidae* зафиксированы на двух станциях (рис. 2). Представители первых двух семейств относятся к мезо- и батипелагическим видам, представители третьего семейства – к придонным видам [9, 11, 13].

По литературным данным известно, что ранние стадии развития рыб в АЧА распределяются на глубинах от 1000 м до поверхности [9, 13, 14]. Из-за большого объема научных исследований в экспедиции не было возможности проводить ихтиопланктонные ловы по горизонтам до 1000 м. В связи с тем, что обловы проводилась в летне-осенний период, когда ранние стадии развития рыб поднимаются в верхние горизонты, тотальные ловы ихтиопланктона проводились, как отмечалось выше, от 200 м (или от дна) до поверхности. Полученные данные можно рассматривать как показатели качественного состава ихтиопланктона в исследуемом районе.

### Заключение

После длительного перерыва возобновлены отечественные исследования массовых видов рыб Антарктической части Атлантики на ранних стадиях онтогенеза. Проведён анализ особенностей распределения и видового состава ихтиопланктона, собранного в 2020 г. во время научной экспедиции в АЧА. Икринки и личинки рыб отмечены практически по всему полигону исследований. Чаще всего встречались представители сем. *Mucrophiidae*.

В целом результаты комплексных экспедиционных работ, выполненных на СТМ «Атлантида» в Антарктической части Атлантики в 2019-2020 годах, способствуют укреплению российского присутствия в Антарктике и отвечают «Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года». Поэтому, исходя из заинтересованности России в возобновлении промысла в Антарктике, в дальнейшем необходимы регулярные экспедиционные исследования в АЧА как основы для научной аргументации в Комиссии по сохранению морских живых ресурсов Антарктики (АНТКОМ) по защите интересов отечественной рыбопромысловой деятельности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бандурин К.В., Архипов А.Г. Современное состояние и перспективы развития российского промысла водных биоресурсов в океанических районах исследований АтлантНИРО // Труды АтлантНИРО, – Т. 3, – № 2, – 2019. – С. 5-14.
2. Дехник Т.В., Серебряков В.П., Соин С.Г. Значение ранних стадий развития в формировании численности поколений / В. сб.: Теория формирования численности и рационального использования стад промысловых рыб. М.: Наука. 1985. – С. 56-72.

3. Архипов А.Г. Динамика численности и особенности распределения ихтиопланктонных сообществ северной части Центрально-Восточной Атлантики и морей Средиземноморского бассейна / Калининград: Изд. АтлантНИРО. 2006. – 232 с.
4. Архипов А.Г. Применение результатов изучения раннего онтогенеза морских промысловых рыб в рыбохозяйственной деятельности // Труды ВНИРО. – Т. 156. – 2015. – С. 14-35.
5. Ahlstrom E.N., Moser H.G. Eggs and larvae of fishes and their roles in systematic investigations and in fisheries // Rev. trav. Inst. peches mar. –Vol. 40. – № 3-4. – 1976. – P. 379-398.
6. Расс Т.С., Казанова И.Н. Методическое руководство по сбору икринок, личинок и мальков рыб / М.: Пищевая промышленность. 1966. – 44 с.
7. Методические указания по сбору проб зоо- и ихтиопланктона планктоносорщиком «Бонго» и их обработке / Калининград. АтлантНИРО. 1983. – 36 с.
8. Smith P.E., Richardson S.L. Standard Techniques for pelagic fish egg and larvae surveys // Food and Agriculture Organization of the United Nations. Techn. Paper № 175. Rome. 1977. – 95 p.
9. Ефременко В.Н. Ихтиопланктон моря Скотия: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Москва, 1980. – 24 с.
10. Андрияшев А.П. Обзор фауны донных рыб Антарктики // Морфология и распространение рыб Южного океана. Тр. Зоол. ин-та АН СССР. – Т. 153. – 1986. – С. 9-45.
11. Шуст К.В. Рыбы и рыбные ресурсы Антарктики / М.: Изд. ВНИРО. 1998. – 163 с.
12. Everson I. The living resources of the Southern Ocean / FAO GLO/SO/ 77/1. 1977. – 156 p.
13. Ефременко В.Н. Видовой состав и распределение ихтиопланктона в Антарктике // Биологические ресурсы Арктики и Антарктики. М.: Наука. 1987. – С. 358-373.
14. Ефременко В.Н. Личинки шести видов рыб сем. Nototheniidae из моря Скотия // Вопросы ихтиологии. – Т. 19. – В. 6. – 1979. – С.1068-1078.

## **ICHTHOPLANKTON STUDIES IN THE ANTARCTIC PART OF THE ATLANTIC IN 2020**

<sup>1</sup>Arkhipov Aleksandr GERAL'DOVICH, doctor of biological sciences, scientific coordinator

<sup>2</sup>Pak Regina Anatol'evna, postgraduate

<sup>1</sup>Simonova Tatiana Aleksandrovna, senior engineer

<sup>2</sup>Diushkov Nikolai Pavlovich, postgraduate

<sup>1</sup>Atlantic branch Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography,  
Kaliningrad, Russia, e-mail: arkhipov@atlantniro.ru

<sup>2</sup>FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",  
Kaliningrad, Russia, e-mail: pak.regina@bk.ru

*To develop the raw material base of oceanic regions, it is necessary to carry out regular comprehensive studies of aquatic biological resources and their habitat. The Antarctic part of the Atlantic is a traditional area for Russian expeditionary research. The study of changes in the distribution, qualitative and quantitative composition of mass fish in the early stages of their development are important components of the rational exploitation of aquatic biological resources. The analysis of the distribution and qualitative composition of ichthyoplankton collected in 2020 during a scientific expedition to the Antarctic part of the Atlantic was carried out.*

## ЛЕТНИЙ ЗООПЛАНКТОН ОЗЕРА ВИШТЫНЕЦКОГО КАК КОРМОВАЯ БАЗА ЕВРОПЕЙСКОЙ РЯПУШКИ В ПЕРИОД НАГУЛА

Кривопускова Екатерина Владимировна, вед. инженер кафедры «Ихтиология и экология»  
Шибалева Мария Николаевна, канд. биол. наук, доцент кафедры «Ихтиология и экология»

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: katekrivopuskova@gmail.com; msh@klgtu.ru

*В рамках работы представлены данные о современном состоянии летнего зоопланктона в озере Виштынецком, а также исследован спектр питания европейской ряпушки озера Виштынецкого в период ее активного нагула. Исследования показали, что в составе зоопланктона литорали и сублиторали доминировали представители тепловодного комплекса. Качественные и количественные характеристики кормовой базы Виштынецкого озера создают благоприятные условия для роста и нагула популяции ряпушки. Изменения в качественном и количественном составе питания ряпушки приурочены к особенностям формирования температурного режима озера.*

Зоопланктонное сообщество является одним из основных направлений потока энергии в трофической сети водоемов, превращая его в важный элемент функционирования водных экосистем. Кроме этого, зоопланктон считается одним из наиболее важных источников пищи для рыб - планктонофагов, в особенности его роль возрастает в литоральной части глубоких пресноводных водоемов, где он является одним из главных биотических факторов формирования промысловых скоплений рыб.

Видовая структура зоопланктонного сообщества обуславливается многими абиотическими и биотическими факторами, среди которых можно выделить: площадь водной поверхности, глубину водоема, его трофический уровень, цветность воды, а также биологическое сообщество озера. Зачастую качественный состав зоопланктона водоемов дополняется новыми видами после проведения трофологических исследований в водоеме. Так, в видовой состав зоопланктона озера Stechlin (Германия) был добавлен вид *Leptodora kindtii* (Focke, 1844) после исследований питания популяции европейской ряпушки [1].

Необходимо отметить, что качественные и количественные показатели зоопланктонного сообщества играют огромную роль в трофической цепи, обеспечивая рост и благополучное существование различным популяциям рыб. Изменение этих показателей под воздействием антропогенных факторов может создавать неблагоприятные условия для роста и нагула планктонофагов, что в дальнейшем отразится и на популяциях хищников.

Таким образом, зоопланктон является не только одним из важнейших инструментов для определения экологического статуса озера, но формирует кормовую базу для благополучного существования популяций рыб, в том числе и промысловых.

Озеро Виштынецкое представляет собой уникальную для Калининградской области экосистему. Это единственный на территории региона водоем олиготрофного типа, в котором обитает уникальный ихтиоценоз, в который входят представители арктического фаунистического комплекса (европейская ряпушки и сиг обыкновенный) [2]. Кроме этого, озеро является памятником природы, который в последнее десятилетие вызывает особый интерес для развития рекреационной зоны в его прибрежной части, что привело к увеличению антропогенной нагрузки, которая может вызывать изменения во всех компонентах экосистемы, в том числе и зоопланктонном сообществе [3]. Изменения в видовой структуре зоопланктона влияют на характеристики пищевого комка рыб-планктонофагов, в том числе и европейской ряпушки, и являются хорошим показателем состояния экосистемы.

В Калининградской области популяция европейской ряпушки озера Виштынецкого является уникальной, тогда как в соседних республиках, это обычный представитель ихтиоценоза круп-

ных пресноводных водоемов. Несмотря на это, эта популяция на протяжении 40 лет является промысловой. Однако, в последние десятилетия наблюдается снижение ее уловов и их измельчение [4]. Поэтому изучение качественных и количественных показателей зоопланктона озера Виштынецкого и пищевого комка европейской ряпушки становится важным компонентом оценки состояния популяции и позволяет выявить экосистемные причины для снижения уловов.

Отбор проб зоопланктона проводился в конце июня - начале июля в 2014-2018 гг. Среднемесячная температура воздуха держалась на уровне +20... +25°C, что характерно для всего летнего периода на территории Калининградской области. Температура воды в поверхностном слое в это время изменялась от +15°C до +20°C, и зависела от предшествующих погодных условий. На глубине температура воды закономерно ниже и из года в год не подвергается значительным изменениям. Как правило, указанный диапазон температуры способствует наибольшему развитию планктонных организмов в водоемах региона.

Качественные и количественные пробы зоопланктона отбирались на 21 стандартной станции (рисунок 1), располагающиеся в различных экологических зонах (литорали, сублиторали и пелагиали).

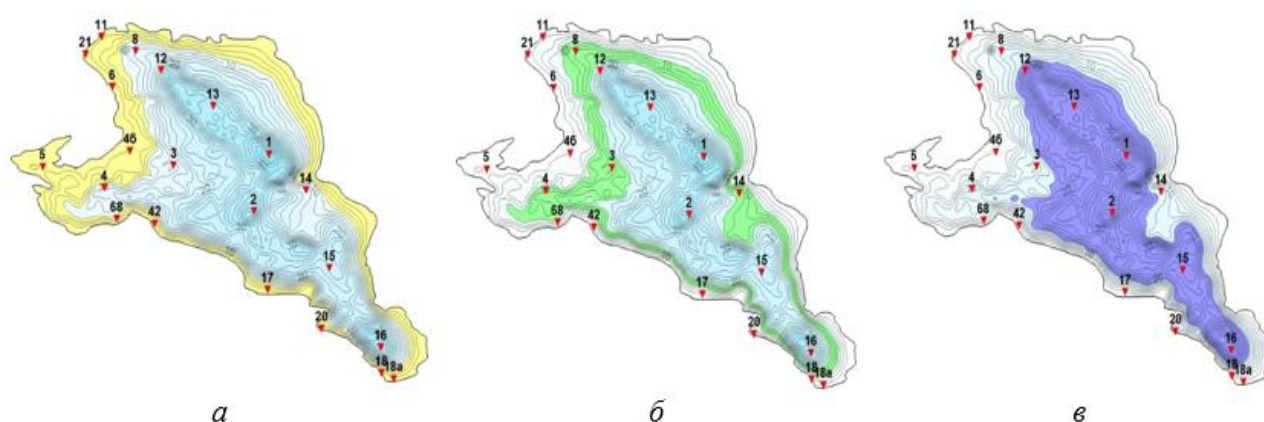


Рис. 1. Схема отбора станций: а - литораль; б – сублитораль; в – пелагиаль

Сбор проб в глубоководной части озера производится с помощью средней модели сети Джеди (диаметр входного отверстия 180 мм с фильтрующим ситом № 76) путем тотального лова от дна к поверхности. Послойные разрезы выполнены с интервалом между горизонтами в 2 м, с помощью глубоководного батометра Молчанова, с последующей фильтрацией воды (2 л) через коническую планктонную сеть (фильтрующее сито № 76).

В прибрежных зонах отбор зоопланктона осуществлялся также при помощи сети Джеди путем тотального траления.

За указанный период было собранно более 300 проб зоопланктона. Качественный и количественный анализ отобранного материала производится в специализированной лаборатории кафедры «Ихтиологии и экологии» ФГБОУ ВО «КГТУ». Лабораторная обработка проводилась по стандартным методикам [5, 6, 7].

Материал для анализа питания ряпушки был получен в результате исследований, проведенных на озере Виштынецком в период с 2012 по 2018 г. Пробы на питание отобраны из контрольных уловов ставных сетей ячеистостью 8, 10, 12, 14, 16, 18 мм, а также из траловых уловов. Всего исследовано 400 желудочно-кишечных трактов разноразмерных и разновозрастных групп европейской ряпушки.

Качественный анализ пищевого комка производился до вида, при высокой степени переваренности кормовых объектов до групп.

Данных о современных качественных и количественных характеристиках зоопланктона озера Виштынецкого чрезвычайно мало. За все время исследований (с 1964 по 2017 гг.) в составе зоопланктонного сообщества озера обнаружено более 115 таксонов, относящихся к основным систематическим группам: коловраткам, ветвистоусым и веслоногим ракообразным [8]. В современный период было обнаружено 72 таксономических группы, относящиеся к: типу Rotifera – 17,



подклассу Copepoda – 29 (в том числе Calaniformes – 4, Cyclopyformes – 23, Harpactiformes - 2), подотряду Cladocera – 26.

Зоопланктон - это короткоцикловые виды, по сравнению с зообентосом или ихтиофауной. Следовательно, его видовой состав способен изменяться в более короткие сроки в межсезонном, и годовом аспектах, что связано с изменением температурного режима в водоеме. Некоторые холодолюбивые виды при прогревании воды могут задерживаться в планктоне на какое-то время, опускаясь на глубину, где вода прохладнее. Перестройка структуры видов, их количественное развитие зависят также от водности года, особое значение имеет и антропогенное воздействие. Большая часть таксонов зоопланктона оз. Виштынецкого постоянно присутствует в летнем зоопланктоне, а некоторые из них появляются эпизодически (к примеру, *Alonella exigua* (Lilljeborg 1853), *Acroperus angustatus* ((Sars G.O., 1863), *Simocephalus vetulus* (O.F. Müller, 1776), *Eurycercus lamellatus* (O.F. Müller, 1776), *Paracyclops fimbriatus* (Fischer, 1853) и др.).

В целом, таксономический состав зоопланктонного сообщества озера Виштынецкого типичен для фауны водоемов Европейской части России, и водоемов области. В число массовых видов ракообразных входят широко распространенные виды эвритермного и умеренно тепловодного комплексов: *Thermocyclops oithonoides* (Sars G.O., 1863), *Daphnia cucullata* (Sars G.O., 1862), *Bosmina longirostris* (Leydig, 1860), *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller, 1776), *Cyclops scutifer* (Sars G.O., 1863) и др. [9]

Из элементов зоны смешанных лесов отмечен вид *Diaphanosoma brachyurum* (Liévin, 1848), который приурочен к прибрежной части озера и вид *Eubosmina coregoni* (Baird, 1857) - одни из доминирующих видов сублиторали и профундали.

Кроме этого, в составе зоопланктона озера имеются хищные ветвистоусые ракообразные: *Bythotrephes longimanus* (Leydig, 1860), *Leptodora kindtii* (Focke, 1844) и *Polyphemus pediculus* (Linnaeus, 1761). *Bythotrephes longimanus* и *Leptodora kindtii* в основном приурочены к открытой части водоема, но встречающиеся и в прибрежной части. Хищный вид *Polyphemus pediculus* присутствует только в прибрежных водах.

К числу доминирующих видов коловраток Rotifera относятся *Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina*, *Keratella quadrata*, которые являются типичными представителями ротаторного северного зоопланктонного комплекса. Особое место среди коловраток занимают представители рода *Conochilus* (*Conochilus hipporepis* и *Conochilus unicornis*). Благодаря своему колониальному образу жизни они долгое время (за исключением последних нескольких лет) являются неоспоримыми лидерами среди коловраток по численности, при этом наибольшие пики численности приурочены к бурному цветению фитопланктона озера.

Комплекс видов, от которого зависит уровень количественного развития зоопланктона в озере невелик, в их числе: ветвистоусые ракообразные *Daphnia cucullata*, *Bosmina longirostris*, *Eubosmina coregoni*, веслоногие *Cyclops scutifer*, *Cyclops kolensis* (Lilljeborg, 1901) и *Thermocyclops oithonoides*. В отдельные годы возрастает роль веслоногих ракообразных *Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg, 1888).

Значительную роль в формировании биомассы зоопланктона озера играют веслоногие ракообразные. В прибрежной части водоема соотношение между представителями подкласса Copepoda и подотряда Cladocera почти одинаковое. С увеличением глубины доля видов ветвистоусых ракообразных закономерно снижается, а доля коловраток, напротив, возрастает.

Видовой состав питания европейской ряпушки в озере Виштынецком в летний период представлен 11 систематическими группами. Регулярно встречаются в пищевом комке следующие виды: *Eubosmina coregoni*, *Daphnia cucullata*, *Eudiaptomus graciloides*, *Bythotrephes longimanus*, *Leptodora kindtii*, *Chydorus sphaericus*, *omp. Cyclopoida* и некоторые другие.

В определенные периоды часть рациона ряпушки составляют бентосные организмы: личинки комаров звонцов, мошек, поденок и другие, еще не успевшие окончательно осесть на дно. Доля их обычно не велика, около 1%, с примесью планктонных водорослей (рисунок 2). Такие изменения состава встречаются при значительном прогревании воды озера, когда ряпушка опускается достаточно близко ко дну, в более комфортные для нее температурные условия.

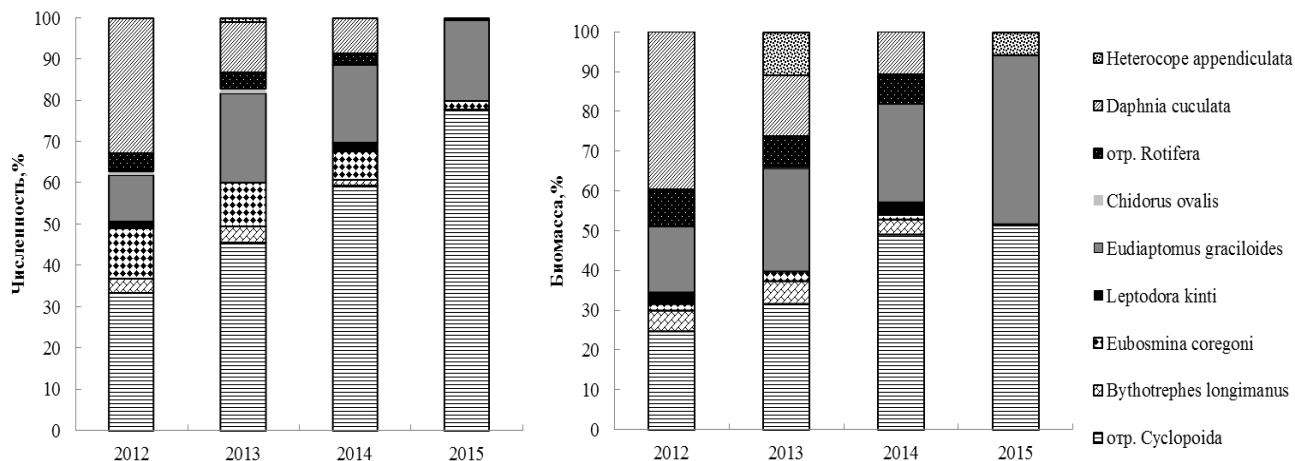


Рис. 2. Видовая структура питания европейской ряпушки озера Виштынецкого в летний период [10]

В рассматриваемый период в питании европейской ряпушки доминировали представители отряда *Cyclopoida* и представители сем. *Daphniidae* (50,2% и 17,9% по численности и 27,5% и 24,7% по биомассе соответственно). Их численность и биомасса изменялась в зависимости от погодных условий, предшествующих сбору материала, и как следствие, температурного режима водоема. Температура воды оказывает непосредственное влияние на жизненные циклы пойкилотермных организмов и сроки наступления пиков их численности. Так в 2013 году и по численности, и по биомассе преобладали веслоногие ракообразные (31,7%), а в 2012 это были ветвистоусые (50,6% от численности, 49,8% от биомассы) [10,11,12].

В пищевом комке была высокой относительная численность вида *Eubosmina coregoni* (13,0%) и биомасса вида *Eudiptomus graciloides* (27,5%) Они занимали третью позицию по численности и биомассе соответственно.

Уже на начало исследований динамики структурно-функциональных изменений в зоопланктонном сообществе и питании планктофага европейской ряпушки озера Виштынецкого наметилась определенная тенденция, которая заключалась в следующем.

В зоопланктоне оз. Виштынецкого в последние десятилетие по сравнению с 70-80 гг. XX века снизилась значимость таких олиготрофных видов как *Eudiptomus graciloides* и *Heterocope appendiculata* [13], которые могут обеспечивать популяцию европейской ряпушки высококалорийной пищей, что ранее благоприятно сказывалось на ее состоянии. Существующая в настоящее время структура кормовой базы зоопланктона заставила популяцию перейти на более мелкие, но многочисленные виды, например, по исследованной ситуации такие как *Eubosmina coregoni* и *Daphnia cucullata*, значимость которых в питании, однако выше, чем в открытом зоопланктоне.

Кроме того, при формировании видового состава зоопланктона оз. Виштынецкого большую роль играет своеобразие водоема, и наличие в нем видов, не обнаруженных в других водоемах Калининградской области.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 К. Anwand, M. Valentin, T. Mehher Species composition, growth and feeding ecology of fish community in Lake Stechlin -an overview//Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol. -58 -2003. -р. 237-246
- 2 Берникова Т.С. Физико-географическая и гидрологическая характеристика // Озеро Виштынецкое. – Калининград: Изд-во «ИП Мишуткина», 2008. – С. 20-40.
- 3 Кривопускова Е.В., Соколов А.В. Источники антропогенной нагрузки на озеро Виштынецкое в пределах его водосборного - IV Балтийский морской форум. Международная научная конференция "Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов" -Калининград, 24-25 мая 2015 г. Калининград: КГТУ, 2016. – С. 195-198
- 4 Кривопускова Е.В., Соколов А.В. Изменения размерно-возрастной структуры популяции европейской ряпушки озера Виштынецкого (Калининградская область) в период с 2007 по 2016 гг. // Вестник молодежной науки. 2017. № 3 (10). – С. 23.

- 5 Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В.А. Абакумова - Л.: Гидрометеиздат, 1983. - 239 с.
- 6 Методические рекомендации по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. – М.: Наука, 1974. – 253 с.
- 7 Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России/ ред. В. Р. Алексеев, ред. С. Я. Цалолихин. - М.: КМК, 2010 - 496 с.
- 8 Шибаева М.Н. Зоопланктон // Озеро Виштынецкое. – Калининград: Изд-во «ИП Мишуткина», 2008. – С. 20-40
- 9 Котов А. А. Фаунистические комплексы Cladocera (Crustacea, Branchiopoda) Восточной Сибири и Дальнего Востока России / А. А. Котов // Зоол. журн., 2016. – Т. 95, № 7. – С. 748–768.
- 10 Кривопускова Е.В., Мычкова А.В., Шибаев С.В., Соколов А.В Характеристика питания европейской ряпушки озера Виштынецкого в периоды с различной интенсивностью потребления пищи. // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию рыбохозяйственного образования на Камчатке (12-14 апреля 2017): в 2 ч./ ответственный за выпуск Н.Г. Ключкова. – Ч I. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2017. С. 125-129.
- 11 Кривопускова Е.В. Характеристика состава пищи ряпушки (*Coregonus albula*) озера Виштынецкого (Калининградская область) в современных условиях / Е.В. Кривопускова, Е.А. Масюткина, А.В. Соколов, М.Н. Шибаева // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2014. – №32. – С. 107-115.
- 12 Кривопускова Е.В., Соколов А.В., Мычкова А.В. О питании европейской ряпушки озера Виштынецкого в современный период //III Балтийский форум. Международная научная конференция «Водные биоресурсы, аквакультура и экология». – Калининград, ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. – С. 43-46
- 13 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.

## **THE SUMMER ZOOPLANKTON OF THE LAKE VISHTYNETSKY AS THE FOOD BASE OF THE EUROPEAN RIVER IN THE PERIOD OF HAG**

Krivopuskova Ekaterina Vladimirovna, leading engineer of the Department of Ichthyology and Ecology

Shibaeva Maria Nikolaevna, cand. biol. sciences, Associate Professor of the Department of Ichthyology and Ecology

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",  
Kaliningrad, Russia, e-mail: katekrivopuskova@gmail.com; msh@klgtu.ru

*In this article presented the information about the current state of summer zooplankton in the Lake Vishtynetsky and studied the nutrition spectrum of vendace in the Lake Vishtynetsky during its active feeding period. Studies have shown that the composition of the zooplankton in the littoral and sublittoral zones dominated by representatives of the warm-water complex, in the deep-water part - high number distinguishes boreal faunistic complex species. The qualitative and quantitative characteristics of the food base of the Vishtynetsky Lake create favorable conditions for the growth and the feeding of vendace population. Changes in the qualitative and quantitative composition of the vendace feeding are confined to the peculiarities of the formation of the temperature regime of the lake.*

## РОСТ ОБЫКНОВЕННОГО СУДАКА *SANDER LUCIPERCA* (PERCIDAE) В МАТЫРСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

<sup>1</sup>Никитенко Алексей Иванович, главный специалист лаборатории водных биологических ресурсов

<sup>2</sup>Артеменков Дмитрий Владимирович, канд. с.-х наук, старший научный сотрудник департамента гидробионтов

<sup>1</sup>Горячев Дмитрий Владимирович, зав. лабораторией водных биологических ресурсов

<sup>1</sup>Клец Наталия Николаевна, зам. зав. лабораторией водных биологических ресурсов

<sup>1</sup>Филиал по пресноводному рыбному хозяйству Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИИПРХ),

Рыбное, Московская область, Россия, e-mail: wbr@vniiprh.ru

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), Москва, Россия, e-mail: artemenkov@vniro.ru

*На основании материалов исследовательских работ ВНИИПРХ с 2018 по 2019 гг. на Матырском водхр. Липецкой обл. впервые освещаются особенности роста обыкновенного судака *S. lucioperca* в конкретной экосистеме, возникшие в процессе адаптации к условиям обитания. Параметры роста по уравнению фон Берталанфи составили: 100,3 см – теоретически предельная длина ( $L_{inf}$ ), 0,099 – коэффициента роста ( $K$ ) и 0,756 – коэффициент теоретического возраста ( $t_0$ ). Половое созревание судака в Матырском водхр. происходит на 3 году, что позволило определить вероятный максимальный возраст – 10 лет.*

### Введение

Род *Sander* включает 5 видов [1, 2], из которых наиболее крупных размеров до 75,0 см (FL, длина по Смиуту) достигает обыкновенный судак *Sander lucioperca* [1, 3, 4]. *S. lucioperca* распространен во всех крупных речных и озерных водоемах Европы и восточной Азии от 36° до 67° с.ш. и акклиматизирован в Испании, Англии, Франции, Германии, Швеции, Турции и Казахстане, в России – в Карелии, Крыму, Приморском крае, Новосибирской, Архангельской и Вологодской областях [3, 5, 6]. Два вида, берш *S. volgensis* и морской судак *S. marinus*, данного рода также обитают в восточном полушарии Земли: первый – в реках Каспийского, Азовского и Черного морей; второй – в Каспийском и северозападной части Черного морей [3, 5]. Остальные два вида, светлоперый судак *S. vitreus* и канадский судак *S. canadensis*, распространены в западном полушарии рек и водоемах США и Канады [1, 8].

Рыбы рода *Sander* давно привлекают внимание специалистов, которыми исследованы особенности морфологии, экологии, пищевого поведения, репродуктивной биологии и т.д. [3, 8–14]. Однако, приводимые в литературе сведения об особенностях роста популяций судаков в конкретных водоемах остаются не полными [9, 14–17]. Изученность и знание конкретной экосистемы помогает в сохранении биологического разнообразия и в оценке предельных допустимых объемов выпуска с целью искусственного воспроизводства [18–20].

Использование знаний о росте конкретной популяции рыб в размерных математических моделях позволяют вычислять индикаторы промысловой эксплуатации, биомассы и численности, которые совпадают с независимой оценкой [21, 22]. Темп роста *S. lucioperca* сильно различается в пределах ареала в зависимости от температурного режима и кормности водоема. Также на продуктивность водоема оказывают влияние условия обитания, так как обыкновенный судак – засадный хищник, он предпочитает песчаное и галечное дно с укрытиями [9, 11]. Целью нашей работы является определение особенностей роста обыкновенного судака *S. lucioperca* в Матырском водхр Липецкой области, возникшие в процессе адаптации к условиям обитания.

## Материал и методика

Материал собран в период исследовательских работ ВНИИПРХ с 2018 по 2019 гг. на Матырском вдхр. Липецкой области. Матырское вдхр. располагается в Грязинском районе Липецкой области на р. Матыре, которая является крупнейшей по площади бассейна (5180 км<sup>2</sup>) и длине притока (180 км) р. Воронеж (бассейн Дона). Крупнейшее водохранилище региона было создано в 1976 г., имеет общую протяженность береговой линии 86 км и площадь водного зеркала – 38,8 км<sup>2</sup>. Мелководный водоем долинного типа с умеренноизвилистой береговой линией и замедленным водообменом. По гидрохимическим показателям вода в водохранилище характеризуется превышениями предельно допустимых концентраций [23, 24].

Методика проведения исследований на водоемах общепринята ВНИИПРХ [25–27]. Видовую идентификацию рыб в уловах осуществляли по рекомендованным определителям [3]. Материал был собран набором ставных сетей длиной от 30 до 75 м с шагом ячеи от 25 до 70 мм. Всего за период наблюдений на Матырском вдхр. выполнено и учтено 60 шт. сетепостановок. Полевые работы ВНИИПРХ выполнялись с мая по октябрь в 2018 и 2019 гг.

Объектами настоящего исследования послужили самки и самцы обыкновенного судака *Sander lucioperca* с длиной по Смитту (FL) от 15 до 58 см. Длина (FL, см) и масса тела (W, г) (весы CAS, Южная Корея) были измерены с точностью 0,1 см и 1 г соответственно.

Общее число биоанализов всех выловленных рыб составило 165 экз. Зависимость длины и массы была рассчитана степенным уравнением роста рыб (1):

$$W = a \times FL^b, \quad (1)$$

где W - общий вес (в г), FL fork length – длина по Смитту (в см), a - коэффициент перехвата и b - коэффициент наклона регрессии [28,29].

Данные о размерном распределении и возрасте обыкновенного судака в разные годы проанализированы с использованием компьютерного программного пакета TropFishR в среде программирования R [30]. Пакет TropFishR дополняет традиционный метод электронного анализа размерного распределения ELEFAN (Electronic Length-Frequency Analysis) и включают определение параметров уравнения (2) роста фон Бергаланфи [31].

$$L_t = L_{inf} \times (1 - \exp^{-K(t-t_0)}) \quad (2)$$

где L<sub>t</sub> - длина в возрасте t (в см), L<sub>inf</sub> - предельная длина (в см), K - коэффициент роста, а t<sub>0</sub> - коэффициент теоретического возраста.

## Результаты и обсуждение

Различные популяции *S. lucioperca* в пределах ареала распространения обитают в солоноватых и пресных водоемах и представляют пелагических хищников. Кормность водоема, помимо температурного режима, оказывает влияние на предел и темп роста обыкновенного судака. Так для молоди важными объектами питания являются зоопланктон и нектобентические ракообразные, для взрослого судака – молодь других рыб [3, 11]. В Рыбинском вдхр. к 7 годам судак достигает 47,4 см, в Куйбышевском вдхр. – 50,7 см, в Саратовском вдхр. – 56,8 см [32, 33], а в исследуемом Матырском вдхр. – 55,6 см (табл. 1). Коэффициент упитанности судака на 7 году жизни составляет 1,32, что несколько выше чем в возрасте 1-3 гг. – 1,27. Следовательно, можно предположить о достаточном обилии пищи в Матырском вдхр., как для молоди, так и для взрослого судака.

**Длина и масса тела судака разных возрастных классов из уловов  
в Матырском водохранилище 2018-2019 гг.**

Возраст, лет	FL, мм	Масса, г	n, экз.
1+	15,5-24	41-134	6
	18,41 ±3,47	71,66±38,67	
2+	17-26,5	53-236	11
	23±3,59	159,1±70,26	
3+	22-37	134-630	42
	32,14±4,43	447,45±149,07	
4+	25-52	137-1087	45
	40,13±5,34	794±272,68	
5+	31-51	327-1500	25
	43,5±4,14	1025,24±303,53	
6+	43-52	855-1946	10
	48,15±3,62	1466,6±346	
7+	53-58	2010-2990	26
	55,56±1,08	2258,7±203,39	

Примечание. Над чертой - пределы варьирования показателя, под чертой - среднее значение; n - число исследованных рыб

В Матырском вдхр. максимальный отмеченный возраст 7 лет, в котором встречаются особи от 53 до 58 см. В Рыбинском и Саратовском вдхр. отмечаются особи, достигшие 8 лет и длины 53.8, 60.7 см, соответственно [32, 33]. В редких случаях в водоемах наблюдаются особи судака 9-и и 10-и летнего возраста [34, 35]. Необходимо отметить, что крупные размеры одновозрастных рыб в приводимых водоемах замечены в южных районах обитания с более теплыми температурными условиями. Указанные различия в размерах также обусловлены экологическими условиями, в которых обитают эти популяции.

Условия водоемов, отмеченные выше, влияют на упитанность рыб. Связь между размерами и массой судака Матырского вдхр. можно описать аллометрическим соотношением (3-5). Рассчитанные уравнения зависимости показывают положительный гипераллометрический коэффициент  $b$ , который характеризует форму тела как более упитанную ( $b > 3$ ) для самцов и для самок. В разных регионах зависимость роста судака отличается, это может быть связано как с особенностями физиологического состояния, так и с различиями в условиях окружающей среды [36–38].

$$W = 0,0101 \times FL^{3.0539}; r^2 = 0,9668; \text{самцы + самки} \quad (3)$$

$$W = 0,0094 \times FL^{3.0631}; r^2 = 0,9779; \text{самцы} \quad (4)$$

$$W = 0,0111 \times FL^{3.0344}; r^2 = 0,9638 \text{ самки} \quad (5)$$

Теоретически предельная длина роста судака Матырского вдхр. рассчитана и построен график роста популяции (уравнение 6, рис. 1). Так, параметры роста по уравнению фон Бергаланфи (6) составили: 100,3 см – предельная длина ( $L_{inf}$ ), 0,099 – коэффициента роста ( $K$ ) и 0,756 – коэффициент теоретического возраста ( $t_0$ ). При этом максимальный рассчитанный возраст ( $t_{max}$ ) при массовом половом созревании ( $tm$ ) в 3 года у судака Матырского вдхр. составляет 10 лет (7). Следовательно, при наблюдаемом массовом половом созревании судака в 3 года предельный возраст может составлять 10 лет, в котором судак будет достигать 66,3 см или 3,7 кг. Тогда показатель оптимальной вылавливаемой длины ( $L_{opt}$ ) составит 42,1 см, при которой значение биомассы будет равно точке максимальной устойчивой биомассы (8).

$$L_t = 100,3 \times (1 - \exp^{-0,099(t-0,756)}), \quad (6)$$

$$\log(tm_{max}) = 0,5496 + 0,957 * \log(tm) \quad (7)$$

$$\log(L_{opt}) = 1,0421 * \log(L_{inf}) - 0,2742 \quad (8)$$

Расчитанные параметры роста и уравнение зависимости между длиной и массой позволили реконструировать рост судака по годам (рис. 1). Мальковый период и период созревания наблюдаются в возрасте от 1+ до 3+ лет. В эти периоды половые органы не развиты, а энергетические ресурсы расходуются главным образом на рост [39]. В возрасте 3+ судак Матырского вдхр. достигает 29,9 см длины и 325,7 г массы, прирост составляет 9,98 см и 108,6 г в год.

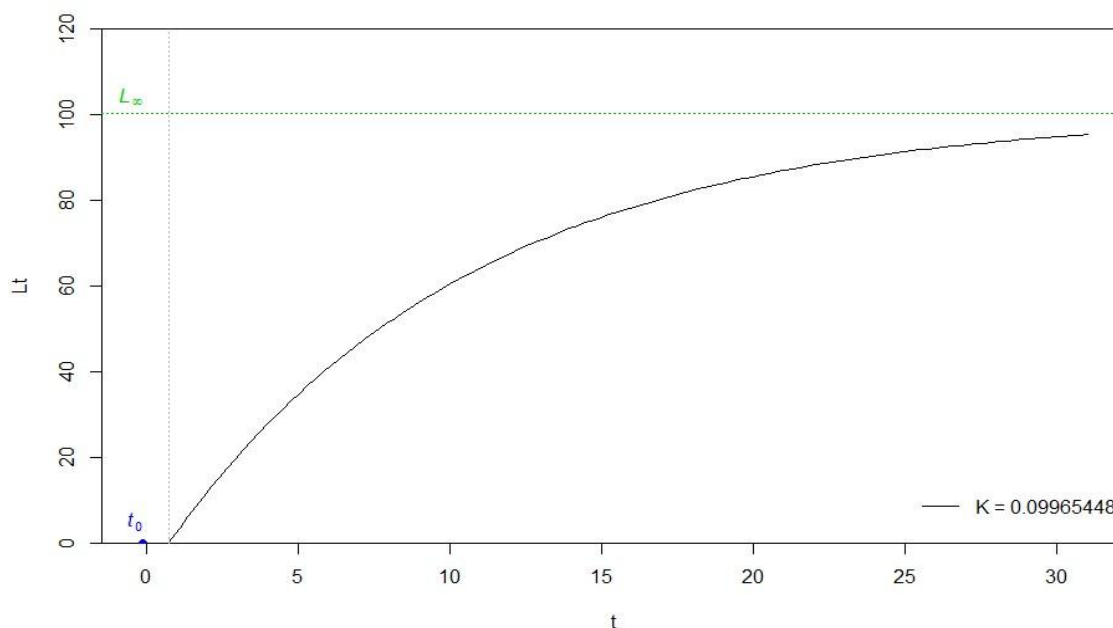


Рис. 1. Рост обыкновенного судака *S. lucioperca* в Матырском вдхр. Липецкой области 2018-2019 гг.

Половозрелые особи судака отмечаются в возрасте 3+ с длиной от 24 до 34 см. До возраста 7+ приросты судака в длину характеризуются высокими темпами, поэтому период половой зрелости охарактеризован в возрасте от 3+ до 7+ лет. В этот период энергия расходуется преимущественно на развитие половой системы и создание запасов для поддержания жизнедеятельности [39]. За этот период судак прирастает на 23,8 см и 1616,6 г, в результате ежегодные приросты длины снижаются у половозрелых особей до 5,9 см, а приросты массы возрастают до 404,1 г в год.

Затем наступает период старости, в котором половая функция затухает и рост в длину замедляется. Если предположить, что судак Матырского вдхр. доживает до максимального возраста 10+, в этот период от 7+ до 10+ особь прирастает на 12,6 см и 1750,2 г, а ежегодные приросты составляют не более 4,2 см и 583,4 г в год.

### Заключение

Результаты изучения роста обыкновенного судака *S. lucioperca* в Матырском вдхр. Липецкой области свидетельствуют о наличии крупноразмерных особей одного возраста в сравниваемых водоемах. Так в исследуемом Матырском вдхр. судак к 7 годам достигает 55,6 см (табл. 1) или 53,7 см по уравнению Бергаланфи, что выше чем в Рыбинском (47,4 см) или Куйбышевском (50,7 см) вдхр., но ниже чем Саратовском вдхр. – 56,8 см [32, 33].

При половом созревании судака в Матырском вдхр. на 3 году жизни позволило определить максимальный возраст – 10 лет. Данный факт сопоставим с редкими случаями наблюдений судака в 9-и и 10-и летнем возрасте [34, 35]. Факт отсутствия поимок судака старше 7+ лет в Матырском вдхр. может быть связан с небольшой численностью крупноразмерных особей и коротким периодом исследований, а также любительским рыболовством. При вылове и изъятии судака с длиной по Смиуту 42,1 см и выше рыбаками любителями, представляется возможность иметь максимально устойчивую биомассу в Матырском вдхр.

Параметры роста рассчитанные по уравнению фон Бергаланфи (6): 100,3 см – теоритически предельная длина ( $L_{inf}$ ), 0,099 – коэффициента роста (K) и 0,756 - коэффициент теоретического возраста ( $t_0$ ) позволили реконструировать рост судака по годам (рис. 1). Таким образом, в мальковый период и период созревания до 3+ лет судак достигает 29,9 см длины и 325,7 г массы, а приросты у неполовозрелых

особей составляют 9,98 см и 108,6 г в год. Половозрелый судак в возрасте от 3+ до 7+ лет приростает на 23,8 см и 1616,6 г или на 5,9 см и 404,1 г в год. В период старости будут наблюдаться минимальный прирост длины на 12,6 см и наибольший прирост массы 1750,2 г, а ежегодные – не более 4,2 см и 583,4 г.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спановская В. Д. Семейство Окуневые (Percidae) // Жизнь животных. Том 4. Часть 1. Рыбы. М.: Просвещение, 1971. – 655 с.
2. Froese R. and D. Pauly. Editors. FishBase. – Sander Oken. – 2020. Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=151307> on 2020–08–26.
3. Атлас пресноводных рыб России: В двух томах. // Под ред. Ю.С.Решетникова. М.: Наука, 2002. – Т.2. – 251 с.
4. Andreu-Soler A., Oliva-Paterna F. J., Torralva M. A review of length-weight relationships of fish from the Segura River basin (SE Iberian Peninsula) // Journal of Applied Ichthyology. – 2006. –295–296p.
5. Решетников Ю.С., Шакирова Ф.М. Зоогеографический анализ ихтиофауны Средней Азии по спискам пресноводных рыб // Вопр. ихтиологии. – 1993. –Т.33. – С. 37–45.
6. Kottelat M. European freshwater fishes. – В.: Biologia, 1997. –271 p.
7. Список рыбообразных и рыб пресных вод России / Ю.С. Решетников, Н.Г. Богуцкая, Е.Д. Васильева, Е.А. Дорофеева и др. //Вопр. ихтиологии. – 1997. – Т. 37. – вып. 6. – С. 723–771.
8. Page L. M., Burr B. M. A field guide to freshwater fishes: North America north of Mexico. – Houghton Mifflin Company. Boston, 1991. – 544 p.
9. Берг Д.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран // М.-Л.: АН СССР. – 1949. – Т.3. – С. 930–1381.
10. Константинов К.Г. Сравнительный анализ морфологии и биологии окуня, судака и берша на разных этапах развития //Работы по этапности развития костистых рыб. М.: АН СССР. Тр. ИМЖ АН СССР. – 1957. – Вып. 16. – С. 181–236.
11. Фортунатова К. Р., Попова О. А. Питание и пищевые взаимоотношения хищных рыб в дельте Волги. – М.:Наука, 1973. – 298 с.
12. Becker G.C. Fishes of Wisconsin. – University of Wisconsin Press, Wisconsin, 1983. – 1052 p.
13. Sublette J. E., Hatch M. D., Sublette M. The fishes of New Mexico. – Press: Albuquerque, New Mexico, 1990. – 393 p.
14. Евланов И. А., Козловский С. В., Антонов П. И. Кадастр рыб Самарской области. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 1998. – 222 с.
15. Beverton R.J.H., Holt S.J. A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics // CIBA Foundation colloquia on ageing: the lifespan of animals. – 1959. – V. 5. – P. 142–180.
16. Staras M., Cernisencu I., Navodaru I. Studiul cresterii principalelor specii de pesti din complexul Razim-Sinoe // Aquaropi. – 1995. – P. 417–420.
17. Age structure and mortality of walleyes in Kansas reservoirs: use of mortality caps to establish realistic management objectives / M.C. Quist, J.L. Stephen, C.S. Guy, R.D. Schultz // North Am. J. Fish. Manage. – 2004. P. 990–1002.
18. Конвенция о биологическом разнообразии от 05.06.1992.
19. Федеральный закон от 20.12.2004 № 166–ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов».
20. Аквакультура в Белгородском водохранилище на примере обыкновенного леща *Abramis brama*, его оценки численности и рекомендации выпуска молоди / Д.В. Артеменков, Д.В. Горячев, Н.Н. Клец, П.К. Афанасьев // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2020. – № 5 (172). – С. 36-45.
21. Gulland J. A., Rosenberg A.A. A review of length-based approaches to assessing fish stocks. – FAO Fisheries Technical Paper, Rome.: FAO. – 1992. – V.323. – 100 p.
22. A new approach for estimating stock status from length frequency data. / R. Froese, H. Winker, G. Coro, N. Demirel et al. // ICES Journal of Marine Science. – 2018. – V. 75. – I. 6. – P. 2004-2015.
23. Мишон В. М., Двуреченский В. Н., Пешкова Н. В. Матырское водохранилище и его бассейн : водные ресурсы, использование и охрана. – Инфол, 2002. – 144 с.
24. Научно-популярная энциклопедия «Вода России» – Матырское водохранилище // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://water-rg.ru/> (дата обращения: 26.08.2020 г.).



25. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
26. Кушнарченко А.И., Лугарев Е.С. Оценка численности рыб по уловам пассивными орудиями // Вопр. ихтиологии. – 1983. – Т. 23. – №6. – С. 921-926.
27. Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 164 с.
28. Винберг Г.Г. Линейные размеры и масса тела животных // Журн. общ. биол. – Т.32. – № 6. – 1971. – С.714–723.
29. Froese R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-analysis and recommendations // Journal of Applied Ichthyology. – 2006. – Vol. 22 – № 4. – P. 241–253.
30. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing // R Foundation for Statistical Computing. – Retrieved from: <http://www.R-project.org/> Accessed on 05 June 2018
31. Haddon M. Modelling and Quantitative Methods in Fisheries. – 2nd ed. London: Chapman & Hall/CRC Press, 2011. – 449 p.
32. Стрельников А.С., Володин В.М., Сметанин М.М. Формирование ихтиофауны и структура популяций рыб в водохранилищах // Биологические ресурсы водохранилищ. – Наука. – 1984. – С. 161–204.
33. Кузнецов В.А. Эффективность размножения, размерно-возрастная структура и рост судака *Stizostedion lucioperca* в Волжском плесе Куйбышевского водохранилища за время его существования // Вопр. рыболовства. – 2010. – Т. 11. – С. 89–99.
34. Семенченко Н.Н., Подорожнюк Е.В. Обыкновенный судак *Sander lucioperca* (L) p. Амур: результаты акклиматизации // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – 2014. – Вып. 6. – С. 611–618.
35. Крайнюк В.Н., Асылбекова С.Ж., Исбеков К.Б. Рост судака *Sander lucioperca* (Percidae) в водохранилищах канала им. К.Сатпаева // Вестник АГТУ. – Сер. Рыбное хозяйство. – 2018. – № 1. – С. 59-68.
36. Li Q., Xu R., Huang J. Length-weight relations for 20 fish species from the Pearl River, China. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. – 2013. – Vol. 43 – № 1. – P. 65–69.
37. Length-weight relationships of nine fish species from the Tetulia River, southern Bangladesh. / M. Y. Hossain, S. R. M. Sayed, R. M. Mosaddequr, M. M. Ali, M. A. Hossen, A. M. Elgorban, Z. F. Ahmed , J. Ohtomi // *Journal of Applied Ichthyology*. – 2015. – Vol. 31. – P. 967– 969.
38. Length-weight relationships of freshwater fishes of the AltoMadre de Dios River (Manu Biosphere Reserve, Peru). / I. Tobes, R. Miranda, A. Pino-del-Carpio, J. M. Araujo- Flores, H. Ortega // *Journal of Applied Ichthyology*. – 2016. – Vol. 32 – № 6. – P. 1256–1258.
39. Анисимова И.М., Лавровский В.В. Ихтиология. – М.: Агропромиздат, 1991. – 288 с.

## **GROWTH OF PIKE-PERCH SANDER LUCIPERCA (PERCIDAE) IN THE MATYR RESERVOIR, LIPETSK REGION**

<sup>1</sup>Nikitenko Alexey Ivanovich, head specialist of the laboratory biological resources

<sup>2</sup>Artemenkov Dmitry Vladimirovich, Senior Researcher of the Department of Hydrobionts

<sup>1</sup>Goryachev Dmitry Vladimirovich, head laboratory of the biological resources

<sup>1</sup>Klets Natali Nikolaevna, deputy head laboratory of the laboratory biological resources

<sup>1</sup>Branch for the freshwater fisheries of “VNIRO” (“VNIIPRKH”),  
Rybnoye, Moscow area Russian Federation, e-mail: [wbr@vniiprh.ru](mailto:wbr@vniiprh.ru)

<sup>2</sup>Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography,  
Moscow, Russia, e-mail: [artemenkov@vniro.ru](mailto:artemenkov@vniro.ru)

*Growth features of pike-perch *S. lucioperca* are highlighted at Matyr Reservoir, Lipetsk region, based on materials from VNIIPRKh's research works 2018-2019. Growth was expressed in length and the von Bertalanffy growth parameters were estimated as  $L_{inf} = 100.3$  cm,  $K = 0.099$ ,  $t_0 = 0.756$  for males and females. Sexual maturation of pike-perch in the Matyr Reservoir occurs at the age of 3, which made it possible to determine the probable maximum age – 10 years.*

## ИССЛЕДОВАНИЯ РАННЕЙ МОЛОДИ РЫБ В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ ВЫЧЕГДА И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЫБОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ФИЛИАЛА АО «ГРУППА «ИЛИМ» В Г. КОРЯЖМА»

Парухина Людмила Васильевна, старший специалист  
Студёнов Игорь Иванович, канд. биол. наук, зав. лабораторией  
Устюжинский Геннадий Маркович, вед. специалист  
Фукус Геннадий Валериевич, старший специалист

Отдел Северный Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО»,  
Архангельск, Россия, e-mail: paruhina@pinro.ru; studenov@pinro.ru; gena@pinro.ru;  
fuks@pinro.ru

*В ходе исследований, выполненных в июне и сентябре 2017 г. в нижнем течении реки Вычегда впервые получены данные по ранней молоди рыб. Проведена оценка эффективности рыбозащитных сооружений в виде воздушно-пузырьковых завес, оборудованных у береговых насосных станций № 1 и № 2 филиала АО «Группа «Илим» в г. Коряжма». В видовом составе отмечены личинки и ювенильные особи пяти видов рыб: плотвы, уклейки, ельца, налима и ерша. В июне преобладали личинки плотвы, в сентябре – сеголетки уклейки. Полученные материалы показали высокую эффективность рыбозащитных сооружений – 96,4 % при нормативе 70,0 %.*

При осуществлении хозяйственной деятельности на водоемах ключевой задачей является сведение к минимуму вредного влияния на их население. Особенно важно уделять внимание вопросам воспроизводства рыбных запасов, условиям существования личинок и мальков рыб, поскольку именно на этапе раннего развития формируется численность новых поколений. Известно, что личинки и мальки особенно уязвимы и подвержены всякого рода негативным воздействиям. При эксплуатации водозаборных сооружений основной проблемой является попадание молоди рыб в зону работы насосных станций, что зачастую приводит к их повреждению и гибели. Для устранения этих рисков применяют специальные рыбозащитные установки, к числу которых относят воздушно-пузырьковые завесы (ВПЗ). Такой способ защиты был выбран АО «Группа «Илим» в г. Коряжма» для реализации в нижнем течении р. Вычегда в районе города Коряжма Архангельской области (рис. 1).



Рис. 1. Ситуационный план-схема участка р. Вычегда и расположения БНС № 1 и БНС № 2 филиала АО «Группа «Илим» в г. Коряжма»

Рыбозащитные устройства такого типа применяются на водозаборах, где очистка рабочих элементов РЗУ от водорослей и мусора затруднены и связаны со значительными трудозатратами. Рыбозащитный эффект устройств данного типа основан на естественной реакции рыб, которая проявляется при встрече с непривычной для неё преградой в виде завесы из поднимающихся пузырьков воздуха. Кроме того, при перемещении вверх пузырьки воздуха увлекают за собой часть воды и молодь рыб, которая попала в зону действия воздушной завесы. Рыбоотведение осуществляется за счет растекающегося на поверхности потока воздушно-пузырьковой завесы в сторону водоема, за пределы зоны влияния водозабора. Для предотвращения растекания ВПЗ в сторону БНС в состав РЗС включена наплавная запань, применение которой повышает эффективность рыбоотведения. Рыбозащитные устройства данного типа прошли проверку на функциональную эффективность на ряде водозаборов промышленного и энергетического назначения, которые по своим эксплуатационным, гидрологическим и ихтиологическим параметрам схожи с водозаборами БНС № 1 и БНС № 2, и показали результаты, удовлетворяющие требованиям СНиП 2.06.07-87.

Река Вычегда - самый крупный приток Северной Двины, её протяжённость составляет 1130 километров. Впадает в Двину с правого берега, на расстоянии 673 км от устья. Ширина русла р. Вычегда в нижнем течении достигает 720 м. Грунты речного ложа песчано-глинистые, с галькой. Русло неустойчивое, с перекатами, отмелями и островами. Скорость течения составляет 0,3 - 0,6 м/с в межень, в половодье достигает 1,8 м/с.

С целью оценки эффективности рыбозащиты воздушно-пузырьковой завесы в 2017 году были проведены специальные исследования. Работы выполнялись в два этапа: летом (28-29 июня) и осенью (19-21 сентября) - периоды, наиболее важные для молоди рыб. Для оценки возможности прохождения личинок и мальков рыб через рыбозащитные сооружения была отобрана серия проб в местах расположения береговых насосных станций 1 и 2 (БНС № 1 и БНС № 2) и воздушно-пузырьковых завес. Точки отбора в равных пропорциях располагались как на свободном пространстве реки, до ВПЗ, так и за ней. В июне было собрано 12 проб, в сентябре – 16. В качестве орудия лова использовалась икорная сеть с диаметром входного отверстия 50 см (ИКС-50). Лов проводился по стандартной методике способом горизонтальных тралений в течение 5 минут с борта маломерного судна [1]. В условиях ограниченного пространства сеть выставляли на определенный промежуток времени при максимальном течении воды. Для сравнимости результатов данные были приведены к единой скорости (1 м/с). Собранный материал фиксировали раствором формальдегида (4 %), затем анализировали в камеральных условиях с использованием микроскопа МБС-10. Видовую идентификацию проводили в соответствии с Определителем молоди пресноводных рыб [2] и Атласом молоди пресноводных рыб России [3]. Для оценки эффективности функционирования воздушно-пузырьковой завесы использовали коэффициент рыбозащитной эффективности  $K_{эф}$  [4]:

$$K_{эф} = (C_1 - C_2) / C_1 \times 100 \%$$

где:  $C_1$  – концентрация молоди рыб до завесы, на свободном пространстве реки, шт.;

$C_2$  – концентрация молоди рыб за завесой, шт.

Известно, что ихтиофауна р. Вычегда представлена 32 видами рыб и рыбообразных из 13 семейств [5]. При этом стоит отметить, что данные по личинкам и малькам рыб в нижнем течении р. Вычегда в литературе отсутствуют, исследования проведены впервые. Между тем, такие сведения весьма востребованы при оценке состояния среды в условиях антропогенного влияния. В результате наших наблюдений в районе г. Коряжма были обнаружены ранние стадии развития 5 видов рыб, относящимся к 3 семействам: Cyprinidae, Lotidae, Percidae. Наибольшее представительство оказалось у семейства Cyprinidae – 3 вида, остальные семейства были представлены по одному виду каждое. В летний период видовой состав ожидаемо шире, в это время было идентифицировано 4 вида, осенью – 2 (табл. 1).

## Видовой состав молоди рыб реки Вычегды в районе г. Коряжма в 2017 г.

Вид	июнь	сентябрь
Cyprinidae - карповые		
<i>Rutilus rutilus</i> - плотва обыкновенная	личинки	-
<i>Alburnus alburnus</i> - уклейка	личинки, мальки	сеголетки
<i>Leuciscus leuciscus</i> - елец	-	сеголетки
Lotidae - налимовые		
<i>Lota lota</i> – налим	малек	-
Percidae – окунёвые		
<i>Gymnocephalus cernua</i> - ёрш обыкновенный	личинки	-

Летом работы выполнялись при температуре поверхностного слоя воды 15,0° С. Общий улов включал 19 личинок и 2 малька трёх видов: плотвы *Rutilus rutilus*, уклейки *Alburnus alburnus*, и ерша *Gymnocephalus cernua*. Все они были пойманы в точках, расположенных на свободном пространстве реки, до насосных станций. Основную часть уловов составила плотва, всего было поймано 12 личинок этого вида длиной от 7,5 до 11,8 мм и массой от 1,6 до 5,8 мг. При визуальном осмотре они имели нормальное, без признаков отклонений, развитие и активно питались. Плотва является одной из наиболее многочисленных рыб семейства карповых. Массовый единовременный нерест ее происходит в мае - июне в прибрежной зоне при температуре воды, как правило, не ниже 8° С. Непритязательна к местам размножения, типичный фитофил, икру откладывает на растительность. Инкубационный период составляет, как правило, 10-15 дней. Длина личинок при выклеве обычно 5,0-6,0 мм. В течение лета молодь повсеместно держится вдоль берегов многочисленными стаями. Потомство обладает высокой степенью выживаемости [3].

Среди других видов карповых в летних пробах были обнаружена молодь уклейки: три ранних личинки длиной 5,3-5,8 мм и массой 0,8-1,0 мг и две ювенильных особи длиной по 42 мм и массой 633,5 мг. Все особи также были пойманы в реке до места расположения насосных станций. Уклейка - мелкая стайная рыба, широко распространенная в реках и озерах. В последние годы отмечено ее продвижение на север, что связано, вероятно, с климатическим фактором. Хозяйственного значения уклейка не имеет, тем не менее, является немаловажным звеном трофической цепи водоемов. Нерестится уклейка при температуре воды не ниже 15-16°С, в северной части ареала, как правило, в июне-июле. Нерест происходит как на прибрежных песчано-каменистых отмелях, так и на середине русла, на быстром течении, в условиях хорошего газообмена. Икра желто-оранжевого цвета, клейкая, прикрепляется к стеблям растений. Диаметр от 1,5 до 2,0 мм. Самки откладывают обычно 3 и более порций икры с 10-дневными промежутками между кладками. В зависимости от температурных условий, инкубация длится 3-5 дней. Личинки выклеваются при длине 4,5-5,5 (6) мм. Имеют железы приклеивания, но пользуются они ими не всегда, могут прятаться на дне, т.к. имеют отрицательный фототаксис. Желточный мешок рассасывается при длине 5,5-6,5 мм, в дальнейшем личинки начинают питаться микроскопическими водорослями и зоопланктоном. К концу сентября мальки достигают длины в среднем 40-50 мм, в зависимости от условий [3].

Из семейства окуневых в пробах были обнаружены личинки ерша обыкновенного в количестве четырех штук. Длина их колебалась в пределах от 4,8 до 8,8 мм, а масса – от 0,6 до 4,2 мг. Ерш является одним из самых распространенных в Евразии видов. Нерест у него порционный (до трех порций), продолжительный. Начинается в мае – июне при температуре воды 4-6° С и заканчивается при температуре 15° С в июле. Икра откладывается самкой на песчано-галечные грунты, иногда на растительность, на глубине 0,5-3,0 м. Инкубационный период длится 5-12 суток, через 11-14 дней при длине 5,5 мм личинки начинают активно питаться зоопланктоном. В некоторых

популяциях отмечены случаи гермафродитизма. Имеет хорошие вкусовые качества. Является второстепенным промысловым видом, но специализированного промысла ерша не существует [6].

Единственным видом, обнаруженным за насосной станцией, в июне оказался налим *Lota lota*. Подросший малек длиной 35 мм был обнаружен на вращающихся водоочистных сетках. Налим обычен и широко распространен в водоемах. Это единственная пресноводная рыба из семейства тресковых. Нерестится сразу после ледостава, при температуре воды около 0° С, с ноября-декабря до конца февраля. Места нереста хорошо аэрируются, чаще всего расположены на глубинах от 0,5 до 3,0 м. Икра полупелагическая, с жировой каплей, неклеякая, некрупная, диаметром до 1,15 мм. После вымета оседает на дно, забивается под камни, разносится вниз по течению. Личинки появляются после распаления льда, через 2-3 месяца. Они подвижны, через 2-3 месяца начинают активно откармливаться в зоне растительности в прибрежье. Налим является промысловой рыбой второстепенного значения. В крупных реках и их предустьевых пространствах сезонный промысел может давать хорошие уловы. Качество мяса сравнимо с тресковым [6].

Осенью отбор материала осуществлялся 19-21 сентября, при температуре воды 9,8° С. Среди 88 особей пойманной молодежи – сеголетки 2 видов рыб семейства карповых: уклейки (87 шт.) и ельца обыкновенного (1 шт.). Лишь в одном случае (проба № 15 от 21.09.2017) молодежь рыб была обнаружена за воздушно-пузырьковой завесой. Это был сеголеток уклейки длиной 26 мм, весь остальной улов был собран в водах, расположенных до нее. Длина молодежи уклейки, встреченной в уловах, изменялась в широких пределах – от 18,5 до 73 мм, масса – от 58,3 до 3650,0 мг, основу численности составляли особи длиной 30-50 мм. Довольно широкий размерный ряд уклейки связан с ее порционным нерестом, в связи с чем в пробах одновременно отмечается молодежь, вылупившаяся из икры первых порций, и особи, появившиеся из более поздних кладок. (рис.2).

Еще одним представителем семейства карповых в осенних пробах оказался елец обыкновенный *Leuciscus leuciscus*. Единственная особь этого вида длиной 41,5 мм и массой 755,6 мг была обнаружена на станции, расположенной перед завесой. Елец является широко распространенным, но малочисленным видом по сравнению с уклейкой. Нерест его происходит весной, в мае, при температуре воды 6-8° С.

Озерные ельцы поднимаются для размножения в нижние участки рек и ручьев. Икринки диаметром около 2 мм откладываются главным образом на камни и гальку. Икрометание единовременное, самка выметывает одну порцию икры. Развитие происходит около 10 дней, в зависимости от температуры. Личинки и мальки, как правило, сначала держатся у берегов, затем уходят на более глубокие места с выраженным течением. Является непромысловым видом, прежде всего из-за своей малочисленности. Популярный объект любительского рыболовства [6].

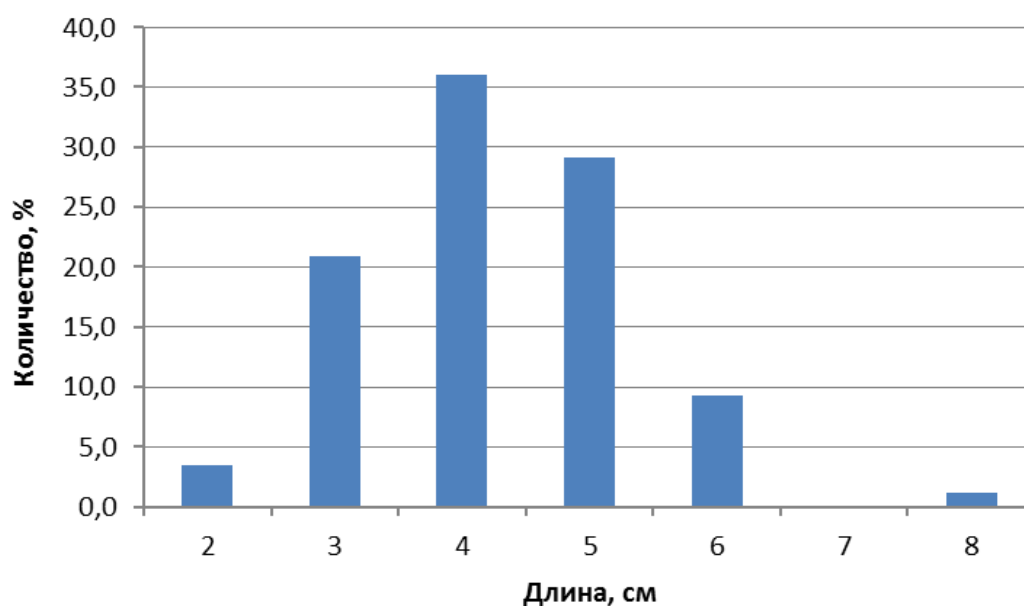


Рис. 2. Размерный состав молодежи уклейки *Alburnus alburnus* в реке Выгедга в районе г. Коряжма 19-21 сентября 2017 г., n=87

Установлено, что для большинства видов рыб, обитающих в р. Вычегда, характерно замедленное половое созревание, относительно низкая плодовитость и более поздние сроки нереста, обусловленные географическим положением водоема и его невысокой кормностью [5]. Обитание в непростых условиях северных регионов является фактором высокой уязвимости.

Данные по уловам приведены в таблице 2. Ввиду того, что в целом уловы были немногочисленны, расчет коэффициента рыбозащитной эффективности проводили по суммарному вылову. Его величина оказалась большой – 96,4 %, что значительно выше существующего норматива - 70 %.

Таблица 2

**Уловы молоди рыб в нижнем течении реки Вычегды в районе рыбозащитных сооружений у г. Коряжма, шт.**

Вид	Лето		Осень		Итого	
	до завесы	за завесой	до завесы	за завесой	до завесы	за завесой
Температура воды у поверхности	15,0° С		9,8° С			
Обыкновенная плотва	12	-	-	-	12	-
Уклейка	5	-	86	1	91	1
Обыкновенный елец	-	-	1	-	1	-
Налим	-	1	-	-	-	1
Обыкновенный ёрш	4	-	-	-	4	-
Всего, шт.	21	1	87	1	108	2
	22		88		110	

Полученные в ходе проведенного исследования результаты позволяют сделать вывод, что установленная на р. Вычегда воздушно-пузырьковая завеса является действенным средством защиты от проникновения ранних стадий развития рыб в воды, находящиеся под воздействием насосных станций. Единичные случаи попадания за данное ограждение связаны со способностью подросшей молоди к активному движению и носят случайный характер. Важным результатом работ явилось получение материалов по ранним стадиям развития рыб, обитающих в нижнем течении р. Вычегда.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Расс, Т.С., Казанова И.И. Методическое руководство по сбору икринок, личинок и мальков рыб. – М.: Пищ. пром-ть, 1966. – 42 с.
2. Коблицкая, А.Ф. Определитель молоди пресноводных рыб. – М.: Лёгкая и пищ. пром-ть, 1981. – 208 с.
3. Макеева, А.П., Павлов, Д.С., Павлов, Д.А. Атлас молоди пресноводных рыб России. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 383 с.
4. Экспесс-методика по определению функциональной эффективности рыбозащитных сооружений на водозаборах. - М.: ЦУРЭН, 2002. – 43 с.
5. Бознак Э.И. Ихтиофауна реки Вычегды: Морфология, биология, зоогеография: дис. ... канд. биол. наук. – Санкт-Петербург, 2003. – 262 с.
6. Ивантер, Д.Э., Рыжков, Л.П. Рыбы. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2004. – 176 с.

# **STUDIES OF EARLY FISH YOUTH IN THE LOWER REACHES OF THE RIVER VYCHEGDA AND ESTIMATION OF FISH PROTECTIVE EFFICIENCY STRUCTURES OF IILIM GROUP IN KORYAZHMA**

Parukhina Lyudmila Vasilievna Senior Specialist of the Coastal Research Laboratory  
Studenov Igor Ivanovich, PhD in Biological Sciences, Head of the Laboratory  
of Biological Resources of Inland Waters  
Ustyuzhinsky Gennady Markovich, Leading Specialist of the Laboratory  
of Biological Resources of Inland Waters  
Fuks Gennady Valerievich, Senior Specialist of the Coastal Research Laboratory

North Department of Polar Branch of the FSBSI "VNIRO",  
Arkhangelsk, Russia, e-mail: paruhina@pinro.ru; studenov@pinro.ru; gena@pinro.ru;  
fuks@pinro.ru

*Based on studies carried out in June and September 2017 in the lower reaches of the Vychegda River, data on the composition of early juveniles of fish was presented for the first time. The efficiency of fish protection structures in the form of an air bubble curtain at the coastal pumping stations No. 1 and No. 2 of Ilim Group near Koryazhma was equipped. The species composition included larvae, fry and juveniles of five fish species: roach, bleak, dace, burbot, and ruff. In June, roach larvae prevailed, in September, bleak juvenile were more abundant. The obtained data showed the high efficiency of fish protection structures – 96.4 % with a standard of 70.0 %.*

УДК 597.56(470.27)(06)

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАЛИМА (LOTA LOTA L.) В ОЗЕРЕ ВИШТЫНЕЦКОМ**

Попова Александра Сергеевна, аспирант кафедры ихтиологии и экологии  
Шибяев Сергей Вадимович, д-р биол. наук, профессор кафедры ихтиологии  
и экологии  
Барановский Павел Николаевич, старший препод. кафедры ихтиологии и экологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: aleksandra.popova@klgtu.ru; shibaev@klgtu.ru;  
baranovskiy@klgtu.ru

*В статье рассмотрены пространственные особенности распределения различных размерных и возрастных групп налима оз. Виштынецкого в условиях стратификации водных масс по данным полученным в ходе проведения комплексных рыбохозяйственных исследований в 2015-2017 годах КГТУ на оз. Виштынецком. В процессе исследования выявлено, что с увеличением глубины снижается значение мелкогазмерных особей и одновременно увеличивается значение среднеразмерных групп. Отмечается, что такое распределение у данного вида преимущественно связано с питанием.*

### **Введение**

Виштынецкое озеро является единственным олиготрофным водоемом Калининградской области, в котором обитает локальная пресноводная популяция налима. Этот вид является важным объектом рыболовства, и в 1980-е годы его вылов достигал 2 т. В последующем промысел был прекращен и возобновился только в последние несколько лет, когда промышленные квоты стали

осваиваться на 100%. Это обусловило необходимость специального изучения биологии налима с целью разработки мероприятий по его рациональному использованию.

Настоящая работа посвящена анализу пространственной структуры популяции налима, что необходимо для управления его промыслом.

### Материалы и методика

Материалом для данного исследования послужили данные контрольных обловов, проводимых на оз. Виштынецком в июне-июле 2015-2017 года. Использовались наборы ставных сетей с шагом ячеек от 6 до 50 мм. За период исследований было выполнено 172 постановки сетных порядков, 127 экземпляров налима были взяты на полный биологический анализ.

Определение возраста проводилось по отолитам, предварительно просветленным в этаноле. Просмотр велся в проходящем поляризованном свете на бинокуляре МБС-10. Исследование роста налима проводилось по результатам обратных расчислений, которые были выполнены для 118 экз.

Схема измерений годовых колец и радиуса отолита приведена на рисунке 1.

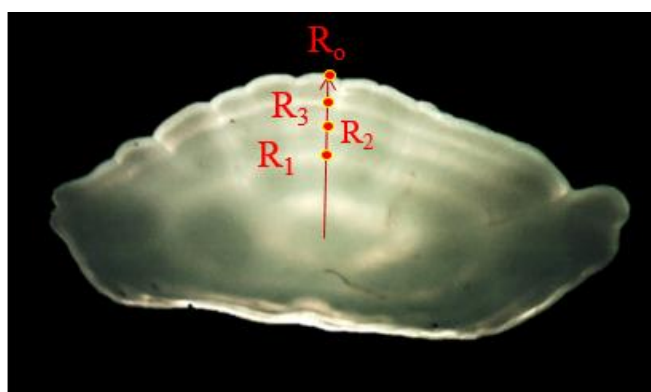


Рис. 1. Схема измерения годовых колец и радиуса отолита

### Результаты исследований

Виштынецкое озеро имеет сложную динамику вод, его можно отнести к водоемам с продольно-осевой проточностью с малой скоростью течения. Термобар делит озеро на две части у берега стратификации надвигающегося сезона, а в открытой части стратификации еще предыдущего сезона. По мере прогревания озера термобар может отодвигаться от берега. В результате прогрева поверхностного слоя воды, особенно весной, может формироваться прямая стратификация, при которой температуры воды с глубиной уменьшается. Кроме того часто образуется не резко выраженный слой скачка, который делит водную толщу на три слоя: эпилимнион, металимнион и гиполимнион [1].

В озере налимом наряду с европейским сигом и ряпушкой относится к арктическому фаунистическому комплексу. Рыбы этого комплекса предпочитают для жизни холодные воды с высоким содержанием растворенного в воде кислорода. В условиях стратификации вод налимом в основном занимает глубоководный биотоп ниже слоя температурного скачка плотности воды – гиполимнионе. В этом биотопе в летний теплый период сохраняются благоприятные для обитания налима низкие температуры ниже  $8^{\circ}\text{C}$ .

Контрольные уловы охватывали глубины от одного до 50 метров, однако налимом встречался в основном глубже семи метров. Промысловая длина налима в уловах изменялась в пределах от 10 до 69 см. Размерная структура претерпевает существенные изменения с увеличением глубины.

Распределение налима по акватории носит неоднородный характер. Оценивая пространственную структуру уловов можно сказать, что больше всего налима поймано на глубинах 40 – 50 м – до 43% от общего вылова налима по акватории. Несколько меньше его было на глубинах 30 – 40 м, на эти глубины приходится 36% всего выловленного налима. Меньше всего его было в значениях до 20 метров, в сумме здесь его доля не превысила 5%. Данный вид в диапазоне меньше 7 м в контрольных уловах не встречался (Рисунок 2)



Для анализа были условно выделены группы особей в зависимости от длины тела: мелко-размерные особи – 10-27 см, среднеразмерные – 28-42 см, крупноразмерные – больше 43 см. Установлено, что с глубиной происходит снижение доли мелко-размерных рыб.

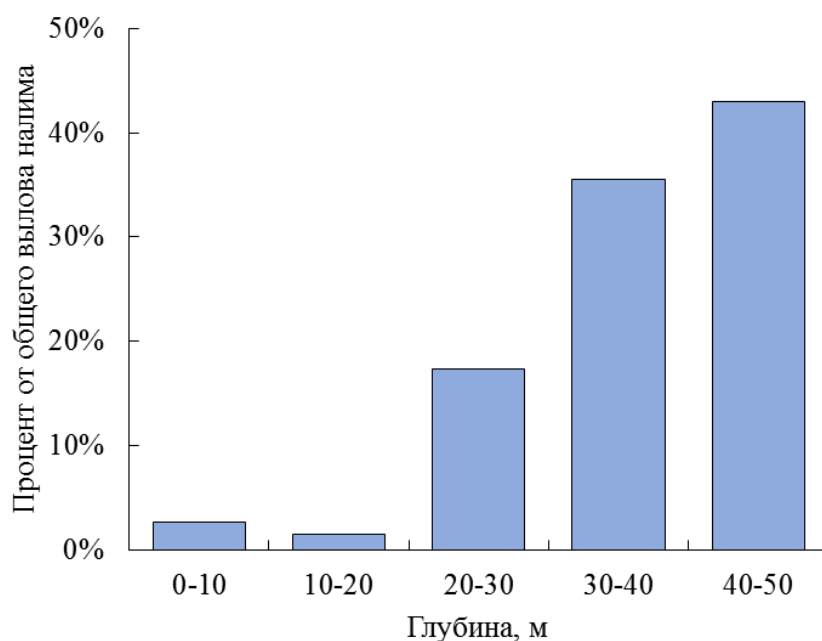


Рис. 2. Пространственная структура уловов

До 10 м преобладают исключительно мелко-размерные особи, их доля в данном диапазоне составляет 99%. Начиная с глубины 20 м численность данной группы снижается и появляются особи средних размеров, которые с глубиной занимают более доминирующую позицию. С глубин 40 м и более, происходит резкое снижение численности особей мелких размеров, практически до самого минимума и идет явное преобладание среднеразмерных особей, доля которых составляет 76%. В виду различных факторов, происходящих за весь период жизни рыбы, крупноразмерные особи являются малочисленными. Доля таких особей с глубиной увеличивается до 18%, но затем, начиная с глубин от 30 м, происходит снижение численности крупных особей налима до 6% (Рисунок 3).

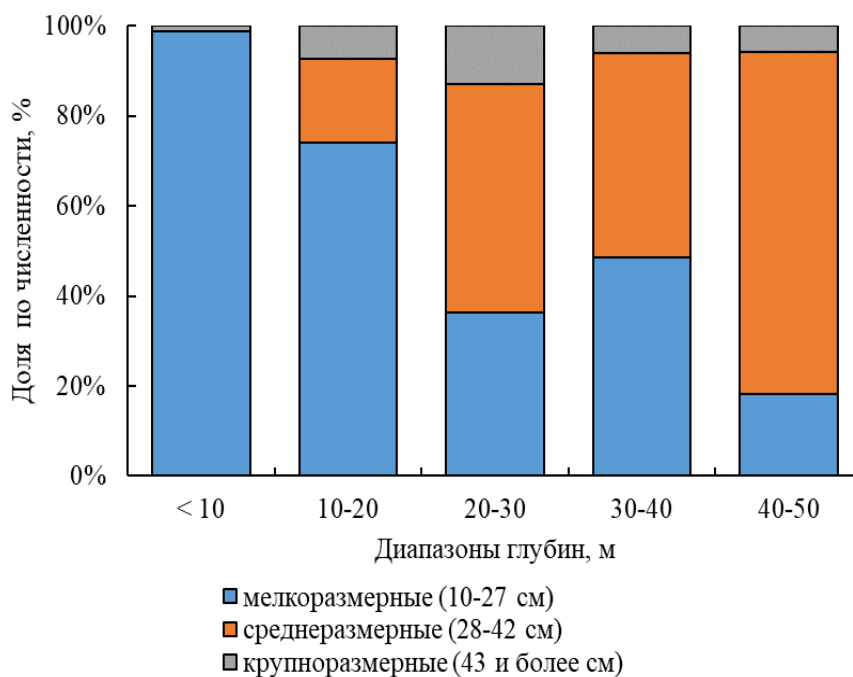


Рис.3. Глубинное распределение налима по численности

При рассмотрении возрастных групп по глубинам, можно сказать, что область выше термоклина в основном занимают особи до 2-х лет. Ниже термоклина, где начинается зона низких температур, встречаются особи уже от 3-х лет и выше (Рисунок 4).

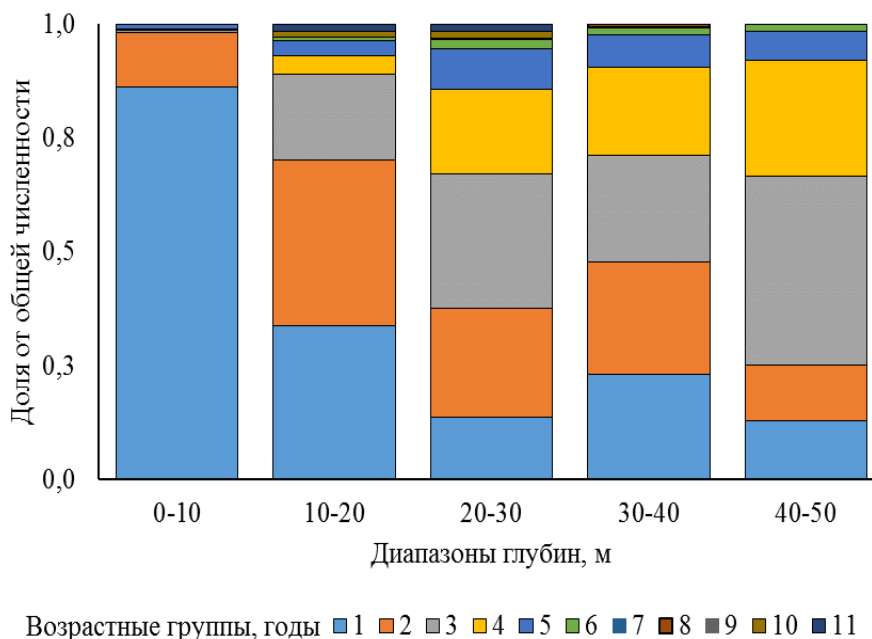


Рис.4. Распределение возрастных групп по глубинам

Такое распределение по глубинам у налима преимущественно связано с питанием. Первые годы жизни данный вид в стратифицированных озерах обитает в эпилимнионе, то есть выше слоя скачка, поскольку у поверхности воды складываются благоприятные условия для планктонного питания в первые годы жизни. Затем особи переходят на бентосное питание, а после этого только на хищничество.

Обобщение полученных данных позволяет заключить, что средняя длина особей по глубинам имеет тенденцию к увеличению: так на глубине 10-20 м средняя длина налима составляет 15-25 см, а на глубине более 30 м – 30-35 см (Рисунок 5)

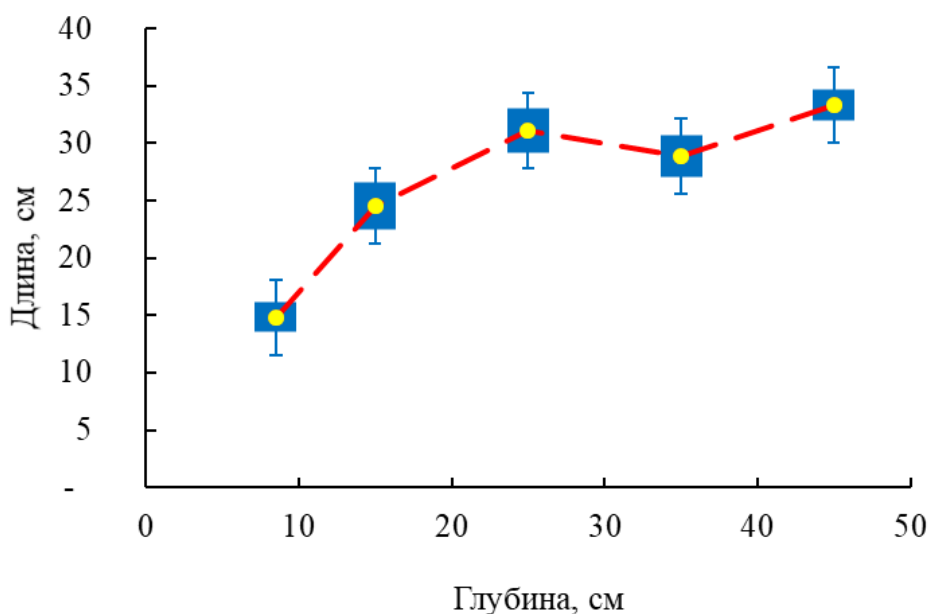


Рис. 5. Средняя длина налима по глубинам

## Выводы

1. Благоприятные термические условия для обитания налима в оз. Виштынецком складываются на глубине более 20 м, ниже слоя температурного скачка.
2. С увеличением глубины снижается значение мелкоразмерных особей и одновременно увеличивается значение среднеразмерных групп. Крупноразмерные налимы присутствуют во всем диапазоне глубин от 7 до 50 м, но отдают предпочтение средним глубинам в диапазоне 20-30 м.
3. В целом средняя длина особи в улове увеличивается с глубиной
4. Выше термоклина обитают в основном мелкоразмерные особи в возрасте до 2 лет, что связано с характером их питания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыбохозяйственный кадастр трансграничных водоемов России (Калининградская область) и Литвы / С. В. Шибает, М. М. Хлопников, А. В. Соколов [и др.]. Калининград: Из-во «ИП Мишуткина», 2008. 200 с.

## FEATURES OF SPATIAL DISTRIBUTION OF THE BURBOT (LOTA LOTA L.) IN LAKE VISHTYNETSKY

Popova Aleksandra Sergeevna, 1st year postgraduate student of the Department of Ichthyology and Ecology

Shibaev Sergey Vadimovich, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Ichthyology and Ecology

Baranovskij Pavel Nikolaevich, Senior Lecturer, Department of Ichthyology and Ecology

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",

Kaliningrad, Russia, e-mail: [aleksandra.popova@klgtu.ru](mailto:aleksandra.popova@klgtu.ru); [shibaev@klgtu.ru](mailto:shibaev@klgtu.ru);

[baranovskiy@klgtu.ru](mailto:baranovskiy@klgtu.ru)

*This article examines the spatial features of the distribution of various size and age groups of the burbot population from Lake. Vishtynetsky in the stratification of the water masses according to the data obtained in the course of complex fishery research in the years 2015-2017 KSTU on Lake Vishtynetskiy. During the study, it was revealed that if we observe the depth of the lake starting from the surface and continue to its bottom, the further the depth of the lake increases, the quantity of smaller-sized burbot species decreases and at the same time the quantity of medium-sized groups increases. It is also noted that such a distribution of the species across the lake is mainly associated with nutrition.*

## СОСТОЯНИЕ ОКЕАНИЧЕСКОГО РЫБОЛОВСТВА В СССР И СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ И ПУТИ ВОЗВРАЩЕНИЯ ЛИДЕРСТВА

<sup>1</sup>Саускан Владимир Ильич, д-р биол. наук, профессор, наставник-консультант факультета биоресурсов и природопользования

<sup>2</sup>Архипов Александр Геральдович, д-р биол. наук, научный координатор

<sup>1</sup>Осадчий Виктор Михайлович, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры ихтиологии и экологии

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: sauskan@klgtu.ru

<sup>2</sup>Атлантический филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («АтлантНИРО»), Калининград, Россия, e-mail: arkipov@atlantniro.ru

*В океаническом рыболовстве СССР занимал лидирующие позиции за счёт хорошо организованного рыбохозяйственного комплекса. После 1991 г. наблюдалось значительное снижение абсолютной величины и доли российского улова в общемировом суммарном улове гидробионтов. Для разрешения накопленных проблем в рыбохозяйственной отрасли в 2019 году Правительством РФ была подготовлена и утверждена «Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса России до 2030 г.», которая должна способствовать восстановлению и дальнейшему развитию отечественного рыбного хозяйства.*

### Из истории развития отечественного рыболовства

Темпы развития рыболовства дореволюционной России и СССР были следующими: 1913 г. – 1,05 млн т, 1922 г. – 0,48 млн т, 1940 г. – 1,4 млн т, 1950 г. – 2,9 млн т, 1960 г. – 3,5 млн т., 1970 г. – 7,8 млн т, 1980 г. – 9,5 млн т, 1985 г. – 10,5 млн т., 1986-1989 гг. – 10-11,6 млн т [1]. В течение нескольких послевоенных десятилетий XX века (кроме последнего) СССР прочно занимал место в первой тройке рыбодобывающих стран (Япония, Перу, СССР), чаще всего первое место, достигнув максимального годового улова 11,6 млн т в 1988 г. Этому способствовали значительные капиталовложения государства в развитие рыбодобывающего и транспортного флота, береговую инфраструктуру рыбной промышленности, а также – в рыбохозяйственную науку и образование.

Экономика рыбной промышленности нашей страны носила дотационный характер, к тому же цены на нефтепродукты тогда были на порядок дешевле, чем в развитых странах мира. Переход к рыночной экономике в России сделал экономически неэффективным массовый океанический промысел в основном относительно малоценных гидробионтов в дальних районах океана (Центрально-Восточной Атлантике – ЦВА, Юго-Восточной Атлантике – ЮВА, Юго-Восточной части Тихого океана – ЮВТО, Антарктической части Атлантики – АЧА и др.), а крупнотоннажный отечественный флот строился и закупался именно для этой цели. Сейчас российская рыбная промышленность коренным образом перестраивается, приближаясь к мировым стандартам. Строится и закупается экономичный малый и средний специализированный флот для промысла наиболее ценных объектов, в основном, в ближних районах: в водах экономической зоны России (Баренцево, Балтийское, Берингово, Охотское, Чёрное, Японское моря), а также, в меньшей степени, в ЦВА, Северо-Восточной Атлантике (СВА), ЮВА и других океанических районах [1].

Максимальные уловы СССР были достигнуты за счёт целенаправленной государственной политики и создания мощных рыбохозяйственных комплексов в Калининграде, Мурманске, Владивостоке и других в основном приморских городах страны. После распада СССР уловы России снижались от 6,9 млн тонн в год в 1991 году до 3,5 млн. тонн в 1994 году, в 1996-1997 гг. немного выросли – до 4,1 млн тонн, затем снижались до 3,8 млн т в 2000 г., и снова возросли к 2018 г. до 5,1 млн т, а во внутренних водоёмах России оставались на невысоком уровне (0,2-0,3 млн тонн в год). Динамика общего вылова СССР и Россией рыб и беспозвоночных в 1940-2018 гг. представлена на рисунке 1 [2-4].

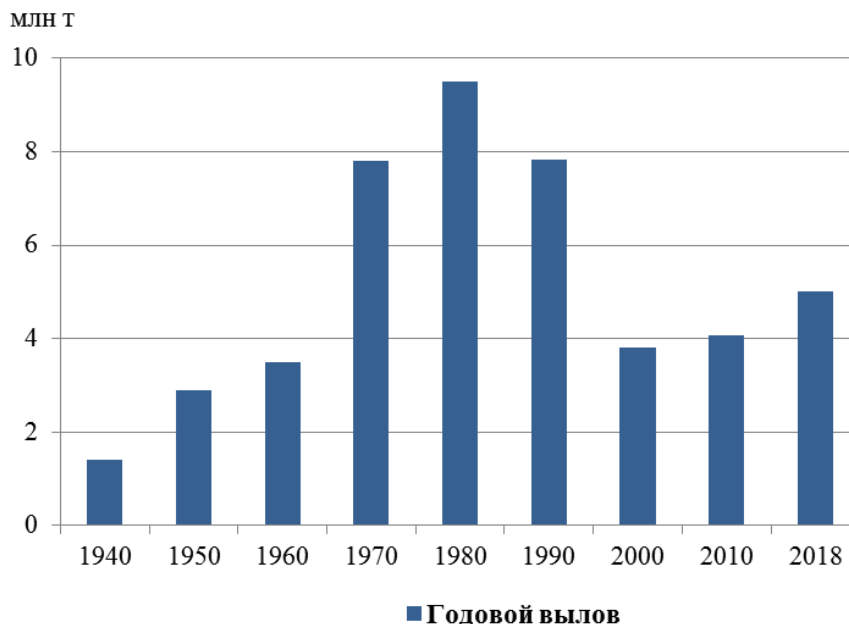


Рис. 1. Динамика общей добычи гидробионтов СССР и Российской Федерации в 1940-2018 гг.

На протяжении рассматриваемого периода добыча рыбы во внутренних морях, в основном, не менялась, колебания вылова отмечались в океаническом рыболовстве. В 1969 г. годовая добыча рыбы в СССР достигла 8 млн тонн, в которой доля океанического рыболовства составляла 86%. До 80% капиталовложений в рыбной промышленности предназначались для создания материально-технической базы (в основном – океанического рыболовного флота), ориентированного на добычу рыбы в Мировом океане. До второй половины 1950-х гг. шло освоение территорий северных морей и морей Тихого океана: Баренцева моря, северной части Японского моря, прибрежной зоны Берингова моря. В 1956-1960-е гг. начались выходы в открытую часть океанов: Экваториальную Атлантику, Северное море и другие районы СВА, восточную часть Баренцева моря, Северо-Восточную часть Тихого океана (СВТО) [2, 5].

Очень важно, что для дальнейшего развития океанического рыболовства в конце 1950-х – начале 1960-х гг. были направлены научные экспедиции с целью изучения перспективных районов промысла, выявлялись наиболее продуктивные участки Мирового океана, богатые рыбными ресурсами, например СВА (зона Норвежского моря), Северо-Западная Атлантика – СЗА (восточное побережье Канады), ЦВА, ЮВА и Юго-Западная Атлантика (ЮЗА), Юго-Западная и Центральная части Тихого океана (ЮЗТО и ЦТО). Наблюдалось явное доминирование промысла в Атлантическом океане. Это позволило значительно увеличить объемы вылова рыбы в относительно короткие сроки. Были и проблемы, в частности, несмотря на принятую в 1958 г. Конвенцию ООН об открытом море, некоторые государства, обладающие богатыми рыбными ресурсами в прибрежных зонах, начали установление 200-мильных исключительных экономических зон (ИЭЗ), что значительно усложняло рыболовный промысел СССР (например, в водах Аргентины). ИЭЗ были установлены большинством прибрежных стран в 1977 г. [1, 6-7].

В целом, политика государства на освоение биоресурсов Мирового океана решала важную социальную задачу – обеспечение населения СССР относительно недорогой и доступной рыбной пищевой продукцией.

После 1991 г. наблюдалось снижение абсолютной величины и доли российского улова в общемировом суммарном улове гидробионтов. За этот период абсолютная величина российского улова в морях и океанах сокращалась более чем вдвое. Снижение происходило за счёт уменьшения вылова в основных районах российского рыбного промысла: Северо-Западной части Тихого океана (СЗТО), ЦВА и удалённых районах (в первую очередь в ЮВА, ЮЗА, ЮВТО, ЮЗТО, АчА). Рост уловов происходил лишь в СВА [6-8]. Особенно упали уловы в удалённых океанических районах, в определённой степени – в СЗТО, а также во внутренних морях европейской части РФ. В последние годы более половины своего улова Россия добывает в морях СЗТО, на втором месте – СВА и прилегающие моря. В настоящее время, как отмечалось выше, Россия занимает места в се-

редине десятки основных рыбодобывающих стран по величине улова, хотя в 70-80-е годы прошлого столетия СССР был одним из лидеров в мировом рыболовстве [6-7, 9].

Основные причины негативных тенденций последних лет в рыболовстве России, на наш взгляд, следующие:

1. Отсутствие в течение многих лет государственной концепции, программы и плана действий по относительно безболезненному переходу отечественного рыбохозяйственного комплекса на рельсы рыночной экономики. Прекращение государственной поддержки океанического рыболовства и отход от прежней концепции обеспечения населения страны доступными рыбными продуктами.

2. Отсутствие чёткой государственной политики, направленной на восстановление ведущей роли нашей страны в мировом рыболовстве, несовершенство концепции развития рыбной отрасли России.

3. И как результат пп. 1 и 2, - деградация инфраструктуры рыбной промышленности России за последнее десятилетие XX века, в том числе, упадок западного (калининградского) рыбохозяйственного комплекса (в первую очередь - ликвидация «Запрыбпромразведки» и СЭКБ промысловства).

4. Утечка (внешняя и внутренняя) опытных кадров из отрасли.

5. Старение и износ флота и другой материально-технической базы отрасли.

### **Роль рыболовного флота СССР в советском океаническом рыболовстве и во внешней политике государства. Проблемы и кризисы в развитии отечественного океанического рыболовства в 1977 и 1991 гг.**

Советский рыболовный флот играл большую роль во внешней политике СССР, защищая интересы страны в целом и в области мирового рыболовства в частности. Советские исследователи этого вопроса отмечали, что, принимая во внимание количество советских военных судов и их совокупную мощность, значительный торговый флот, осуществлявший перевозки до 50% всего внешнеторгового оборота Советского Союза, а также рыболовный флот, имеющий океанографические и биологические научно-исследовательские суда, которые успешно использовались, в том числе, и в военных целях, Советский Союз являлся первой морской державой в мире. Учитывая большой объем инвестиций в строительство и модернизацию флота рыбной промышленности в период с 1961 по 1971 гг., достигший в 1970 г. 76,6% от финансирования всей отрасли, следует отметить количественную и особенно качественную динамику флота: если количество судов варьировало от 18 до 20 тысяч, то мощность флота за десятилетие увеличилась в два раза, с 2,5 млн до 5,2 млн лошадиных сил (табл. 1) [1, 5].

Таблица 1

#### **Флот рыбной промышленности СССР в 1961-1971 гг.**

Характеристики/ годы	1961	1966	1967	1968	1969	1970	1971
Количество судов	18971	18461	20560	19722	18561	17464	17958
Мощность, тыс. л.с.	2544	3770	4817	4314	4592	4856	5221

Помимо строительства крупнотоннажного флота, в практику вошла экспедиционная форма промысла, заимствованная из Японии: вылов рыбы осуществляла «флотилия», состоящая из главного судна по приему и переработке рыбы и более мелких судов, занимающихся ловлей. Транспортные суда и танкеры подвозили продукты, промысловое вооружение, необходимое оборудование и топливо. Данный метод позволил находиться судам в море от трех до шести и более месяцев, что помогало значительно снизить расходы, экономило время, увеличивало производительность труда и эффективность производства.

Свои лидерские позиции наша страна поддерживала за счёт хорошо организованного и современного (в то время) рыбохозяйственного комплекса, включающего, в частности, сеть научно-исследовательских институтов системы НИРО, бассейновых промысловых разведок, многочисленного и хорошо по тем временам технически оснащённого научно-исследовательского, поиско-

вого, промыслового и транспортного флота, береговую инфраструктуру (порты, холодильники, рыбоперерабатывающие предприятия, транспортная система, система подготовки кадров для отрасли). Рыбная промышленность в СССР решала важную социальную задачу – доставить на стол населению большое количество рыбы и других морепродуктов.

Первые серьёзные трудности в развитии океанического рыболовства СССР возникли в 1977 г., когда, как уже отмечалось, многие прибрежные страны ввели свои исключительные 200-мильные экономические зоны. Однако после 1977 г. эту проблему удалось решить за счёт интенсивных советских научно-поисковых работ в Мировом океане, в результате которых были открыты новые районы и объекты отечественного океанического промысла ВБР (в первую очередь – районы ЮВТО и АЧА) [1].

Более серьёзный кризис произошёл после распада СССР в 1991 году. Переход к рыночным отношениям в рыбной отрасли сделал экономически неэффективным массовый океанический промысел в основном относительно малоценных гидробионтов в дальних районах океана (ЦВА, ЮВА, ЮВТО, АЧА и др.): мелких сельдевых, ставридовых, антарктического криля и т.п. Решение социальных задач было практически отменено. Общий вылов гидробионтов Россией в океанах и морях в 1991-2000 гг., как отмечалось выше, существенно снижился и достиг минимальной величины в 1994 г.

В настоящее время две трети своего улова Россия вылавливает в районе СЗТО (в основном, это зона России), около одной пятой - в районе СВА и Баренцевом море (также в основном в зоне России). В ЮВА и ЦВА Россией вылавливается приблизительно 5% своего годового улова. Состояние и динамика российского океанического рыболовства по районам промысла после 1991 г. представлены на рисунке 2 [2-4].

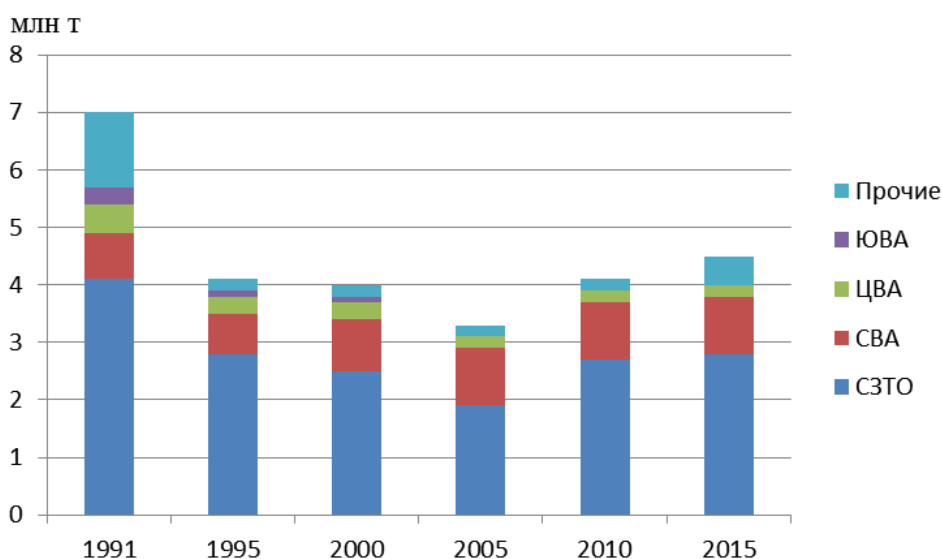


Рис. 2. Российский вылов водных биоресурсов по районам промысла в 1991-2015 гг.

### Современная структура российского вылова водных биоресурсов

В последние десятилетия практически прекратилось производство рыболовных судов и судов-рыбозаводов, при этом средний возраст имеющихся промысловых судов на рыбохозяйственных бассейнах достигает порядка 30 и более лет. Динамика производства рыболовных судов и судов-рыбозаводов в России в последние годы приведена на рисунке 3 [1, 5].

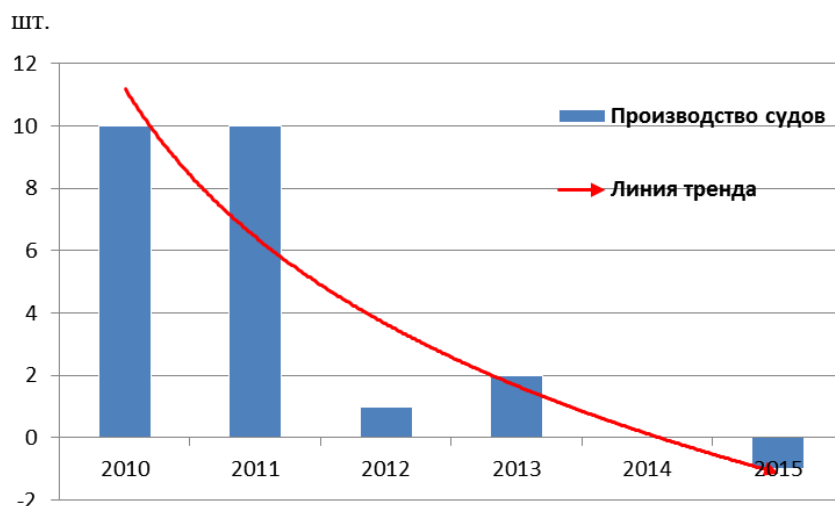


Рис. 3. Строительство рыболовных судов и судов-рыбозаводов в России

Однако следует отметить, что строительство малотоннажных рыболовных судов начиная с 2018 г. начало возрождаться (например, на калининградском заводе «Янтарь»).

Структура российского вылова в 2018 г. по рыбохозяйственным бассейнам представлена на рисунке 4 [4]. Как видно из диаграммы, лидером по вылову является Дальневосточный бассейн (район СЗТО). Российские уловы по направлениям рыболовства и по товарному рыбоводству на примере 2018 г. приведены в таблице 2 [4].

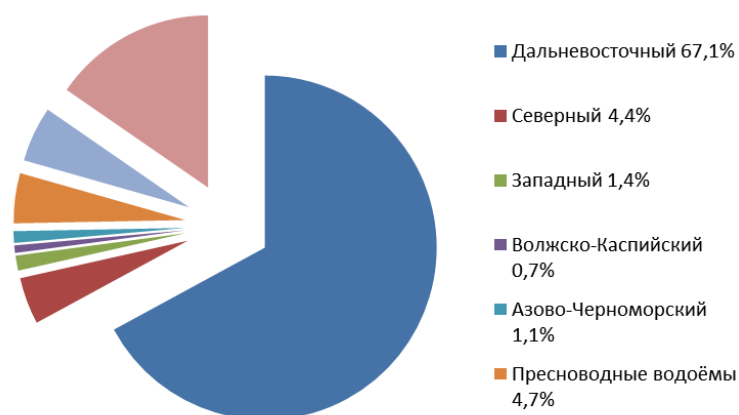


Рис. 4. Структура российского вылова (в %) по рыбохозяйственным бассейнам в 2018 г.

Таблица 2

#### Российские уловы в 2018 г. (тыс. т)

Вылов РФ, всего	5109,8
в т.ч. океаническое рыболовство, всего	4866,3
- ИЭЗ России	3781,7
- ИЭЗ иностранных государств	787,1
- открытые районы океана	265,7
- внутриконтинентальные моря	31,8
в т.ч. внутренние водоёмы, всего	188,0
в т.ч. товарное рыбоводство	55,5

Судя по приведённым данным, основу уловов водных биоресурсов даёт океаническое рыболовство в ИЭЗ России и ИЭЗ иностранных государств. Видимо в основном на океаническое рыболовство будет сделан акцент при развитии рыбохозяйственной отрасли в ближайшем будущем.



## О новой «Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса России до 2030 г.»

Для решения накопленных проблем в рыбохозяйственном секторе российской экономики в 2019 году Правительством РФ была подготовлена и утверждена «Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса России до 2030 г. ...» [10].

Основной целью «Стратегии-2030» является обеспечение опережающего экономического роста и достижения лидирующих позиций на мировых рынках рыбной и иной продукции из водных биологических ресурсов при условии обеспечения национальной продовольственной безопасности, увеличения совокупного вклада рыбохозяйственного комплекса в валовой внутренний продукт Российской Федерации, развития человеческого капитала и минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

Ключевое место в «Стратегии-2030» отведено экономическим аспектам в связи со сложившимися для российской экономики за несколько последних лет принципиально новыми макроэкономическими и геополитическими вызовами.

В рамках реализации «Стратегии-2030» необходимо обеспечить к 2030 году выполнение следующих задач:

- увеличение суммарного объема частных инвестиций до 613 млрд рублей;
- увеличение валовой добавленной стоимости за счет развития производства продукции глубокой переработки до 418 млрд рублей;
- обеспечение продовольственной безопасности в части достижения среднелюдиного потребления рыбопродуктов в домашних хозяйствах Российской Федерации в объеме не менее 22 кг в год в живом весе и поддержание удельного веса отечественной рыбной и иной продукции из водных биологических ресурсов в общем объеме ее товарных ресурсов (с учетом переходящих запасов) внутреннего рынка на уровне не менее 85 процентов;
- увеличение общего количества рабочих мест в рыбохозяйственном комплексе на 24,5 тыс.;
- рост производительности труда в 1,4 раза к 2030 году по сравнению с 2018 годом;
- укрепление лидерства на мировых рынках рыбной и иной продукции из водных биологических ресурсов в части достижения не менее 25 процентов доли рынка Европейского союза в сегменте продукции из минтая и атлантической трески (пикши) и не менее 10 процентов доли рынка стран Азиатско-Тихоокеанского региона в сегменте продукции из лососевых видов рыб;
- разработка и внедрение национальной системы экологической сертификации добытых (выловленных) водных биологических ресурсов и произведенной из них рыбной и иной продукции;
- увеличение до 3 млн тонн в год объемов грузообработки отечественной рыбной и иной продукции из водных биологических ресурсов через российские морские порты;
- увеличение до 80 процентов доли обслуживания отечественных судов рыбопромыслового флота в российских портах.

Разработаны основные комплексные и вспомогательные проекты развития рыбохозяйственной отрасли России.

Комплексные (инвестиционные) проекты:

- 1) «Новая тресковая индустрия» по масштабному обновлению производственных фондов в сегменте добычи (вылова) и переработки основных тресковых объектов промысла.
- 2) «Морские биотехнологии» по созданию индустрии по производству высокотехнологичной и инновационной продукции пищевого и промышленного назначения.
- 3) «Пищевая пелагика» по наращиванию производства и поставок на внутренний рынок пищевой продукции из уловов пелагических видов рыб.
- 4) «Лососеводство» по развитию товарной аквакультуры (товарного рыбоводства) лососевых видов рыб по технологиям индустриальной и пастбищной аквакультуры.
- 5) «Ценные морепродукты» по комплексному освоению морских прибрежных акваторий под выращивание ценных видов гидробионтов.

Вспомогательные (поддерживающие) проекты:

- а) «Искусственное воспроизводство водных биологических ресурсов».
- б) «Отраслевая наука и научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы».
- в) «Отраслевое образование».
- г) «Создание благоприятного инвестиционного климата».

д) «Отраслевой маркетинг».

е) «Инфраструктура обеспечения логистики и обслуживание рыбопромыслового флота».

ж) «Международное сотрудничество».

По итогам реализации настоящей Стратегии к 2030 году планируется достижение следующих показателей:

1. Увеличение производства валового внутреннего продукта рыбохозяйственного комплекса к 2030 году на 176 млрд рублей;

2. Совокупный объем инвестиций при реализации основных (инвестиционных) и вспомогательных (поддерживающих) проектов - 613 млрд рублей;

3. Увеличение количества рабочих мест в отрасли до 24500.

### Заключение

Реализация «Стратегии-2030» – это планируемый путь к восстановлению и дальнейшему развитию отечественного рыбохозяйственного комплекса. При этом необходимо особое внимание обратить на следующие аспекты: развитие государственно-частного партнёрства; создание привлекательного инвестиционного климата для бизнеса; государственное финансирование развития комплексных научных исследований для вовлечения в промысел потенциальной сырьевой базы водных биоресурсов Мирового океана; условия для роста отечественных уловов и производства продукции из ВБР, прежде всего для внутреннего потребления; развитие системы рыбохозяйственного образования; создание комплексных реперных центров развития отрасли на востоке, севере, западе и юге нашей страны. При успешном воплощении «Стратегии-2030» основная её цель – достижение лидирующих позиций России на мировых рынках рыбной и иной продукции из водных биологических ресурсов при условии обеспечения национальной продовольственной безопасности – будет реализована.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саускан, В. И. Сырьевая база рыбной промышленности России: учебник для вузов / В. И. Саускан, К. В. Тылик – Москва: МОРКНИГА, 2013. – 325 с.

2. FAO Yearbook / Fishery and Aquaculture Statistics (2010). Rome: FAO. 2012. – 78 p.

3. FAO Yearbook / Fishery and Aquaculture Statistics (2017). Rome: FAO. 2019. – 80 p.

4. Официальный сайт Росрыболовства // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika> (дата обращения: 15.04.2020).

5. Вотинова, Е. М. Оценка современного состояния рыбной промышленности: статистический обзор и анализ ситуации / Е. М. Вотинова, М. В. Вотинов // «Вестник АГТУ». Сер.: Экономика. № 2. 2017. – С. 50-58.

6. Саускан, В. И. О современном состоянии и перспективах развития российского промысла водных биоресурсов в Атлантическом океане и южной части Тихого океана / В. И. Саускан, А. Г. Архипов, В. М. Осадчий // «Рыбное хозяйство», № 5. 2018а. – С. 7-12.

7. Саускан, В. И. О некоторых перспективных направлениях развития рыбного хозяйства России – укреплении научного обеспечения отрасли и создании на бассейнах основных «точек роста» океанического рыболовства / В. И. Саускан, В. М. Осадчий, А. Г. Архипов // «Рыбное хозяйство». № 6. 2018б. – С. 3-7.

8. Архипов, А. Г. Сырьевая база, промысел водных биоресурсов и его перспективы в юго-восточной части Балтийского моря, в Атлантическом океане и южной части Тихого океана в современных международно-правовых условиях / А. Г. Архипов, В. М. Осадчий, В. И. Саускан. – Калининград: КГТУ. 2017. – 152 с.

9. Бочаров Л. Н. Актуальные проблемы научного обеспечения российского рыболовства // «Известия ТИНРО». Т. 168. 2012. – С. 3-8.

10. Распоряжение Правительства РФ от 26 ноября 2019 г. № 2798-р «Об утверждении стратегии развития рыбохозяйственного комплекса РФ на период до 2030 г. и плана мероприятий по ее реализации». – 58 стр.

# STATE OF OCEANIC FISHING IN THE USSR AND MODERN RUSSIA AND THE WAY TO RETURN LEADERSHIP

<sup>1</sup>Sauskan Vladimir Il'ich, doctor of biological sciences, professor, consultant faculty of bioresources and environmental management

<sup>2</sup>Arkhipov Aleksandr Gerasimovich, doctor of biological sciences, scientific coordinator

<sup>1</sup>Osadchiy Viktor Mikhailovich, candidate of biological sciences, associate professor; associate professor of ichthyology and ecology department

<sup>1</sup> FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",  
Kaliningrad, Russia, e-mail: sauskan@klgtu.ru

<sup>2</sup>Atlantic branch Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography,  
Kaliningrad, Russia, e-mail: arkhipov@atlantniro.ru

*The USSR held a leading position in oceanic fisheries due to a well-organized fishery complex. After 1991, there was a significant decrease in the absolute value and the share of the Russian catch in the total world total catch of aquatic organisms. To resolve the accumulated problems in the fishery industry in 2019, the Government of the Russian Federation prepared and approved the "Strategy for the Development of the Fisheries Industry of Russia until 2030", which should contribute to the restoration and further development of the domestic fisheries industry.*

УДК 597.08.591.5

## ТРОФИЧЕСКИЕ ГРУППИРОВКИ ДОННЫХ И ПРИДОННЫХ РЫБ РАЗЛИЧНЫХ СЕМЕЙСТВ ОТРЯДА SCORPAENIFORMES В ПРИКАМЧАТСКИХ ВОДАХ

Токранов Алексей Михайлович, д-р биол. наук, старший научный сотрудник

Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,  
Петропавловск-Камчатский, Россия, e-mail: tok\_50@mail.ru

*На основании сравнения спектров питания 60 видов донных и придонных рыб 5 семейств отряда Scorpaeniformes, в прикамчатских водах выделены шесть их трофических группировок – хищники-засадчики (8 видов), бентоихтиофаги (6 видов), нектобентоихтиофаги (2 вида), бентофаги (28 видов), нектобентофаги (14 видов) и бентомакропланктофаги (2 вида). Представители каждой из этих группировок отличаются по типу питания, составу и размерам используемых в пищу кормовых организмов.*

Из более чем 400 видов рыб, известных в настоящее время в прибрежных водах Камчатки и сопредельных морских акваторий [1], около 40% входят в состав отряда скорпенообразных Scorpaeniformes. Представители одних семейств этого отряда (например, терпуги Hexagrammidae и морские окуни Sebastidae) в течение нескольких десятилетий у берегов Камчатки служат традиционными объектами промысла. Многие виды других семейств (рогатковых Cottidae, психролютовых Psychrolutidae, морских лисичек Agonidae, липаровых Liparidae) обладают сравнительно высокой численностью и биомассой, являются важными компонентами шельфовых и верхнебатиальных ихтиоценов прикамчатских вод, могут быть объектами промысла и выступают как хищники, потенциальные конкуренты или объекты питания промысловых рыб, морских птиц и млекопитающих [2]. Поскольку размеры и биотопы обитания представителей отдельных семейств отряда скорпенообразных отличаются значительным разнообразием, состав их пищи и способы добыва-

ния кормовых организмов существенно различаются. Обобщение материалов по питанию 60 видов семейств Cottidae, Hemitripterae, Psychrolutidae, Agonidae и Liparidae отряда скорпенообразных, собранных в 1978-2008 гг. в прикамчатских водах Охотского, Берингова морей и Тихого океана, даёт возможность получить представление о трофических группировках рыб этого отряда.

В период исследований лов производили донными тралами, снурреводами (донными неводами) и закидными неводами на глубинах от 0,5 до 850 м. Сбор и обработку желудков вели в соответствии с «Методическим пособием ...» [3]. Всего количественно-весовым методом обработано около 14,3 тыс. желудков представителей 5 перечисленных семейств скорпенообразных рыб. Кроме того, были привлечены результаты полевых анализов более 3,2 тыс. их особей и имеющиеся литературные данные по исследуемым видам рыб. Статистическую обработку производили по общепринятым методикам [4].

Анализ пищевых спектров 60 исследованных представителей отряда Scorpaeniformes позволяет выделить среди них 6 трофических группировок - хищники-засадчики (8 видов), бентоихтиофаги (6 видов), нектобентоихтиофаги (2 вида), бентофаги (28 видов), нектобентофаги (14 видов) и бентомакропланктофаги (2 вида), представители каждой из которых отличаются по типу питания, составу и размерам кормовых организмов. Ниже приводится краткая характеристика состава пищи представителей этих трофических группировок. Более полная информация изложена в опубликованных нами ранее работах, посвящённых изучению особенностей их питания [2, 5-8, 13-19, и др.].

### Хищники-засадчики

Среди 5 рассматриваемых нами семейств по способу питания лишь в трёх – рогатковых Cottidae, волосатковых Hemitripterae и липаровых Liparidae, можно выделить виды, являющиеся типичными хищниками-засадчиками, которые ведут сравнительно малоподвижный образ жизни, при добывании пищи маскируются на грунте и хватают добычу на расстоянии, не требующем значительного перемещения [2, 5-8, и др.]. Спектры питания керчаков (многоиглого *Myoxocephalus polyacanthocephalus*, мраморного *M. stelleri*, бородавчатого *M. verrucosus* и яока *M. jaok*), отличающихся значительными размерами [2], очень разнообразны и включают около 100 представителей из 18-22 крупных таксонов. Однако основа биомассы (свыше 80-90%) каждого из них формируется за счет лишь двух групп организмов – рыб Pisces (преимущественно минтая *Theragra chalcogramma*, песчанки *Ammodytes hexapterus*, сахалинской *Limanda sakhalinensis* и желтопёрой *L. aspera* камбал) и десятиногих ракообразных Decapoda (табл. 1), представленных, главным образом, крабами семейств Majidae и Atelecyclidae. Правда, у многоиглого керчака заметную роль в рационе играют также рыбные отходы (13,1%) и развивающаяся икра рыб (3,4% массы пищи). У керчаков ярко выражены возрастные изменения состава пищи, в связи с чем, по мере роста, беспозвоночные в их рационах постепенно замещаются рыбами [2, 5, 6, 9-11, и др.], т.е. происходит переход от факультативной к облигатной ихтиофагии. Спектр питания обитающей в эстуариях и приустьевой зоне рек северной дальневосточной широколобкой *Megalocottus platycephalus* также довольно разнообразен и подвержен возрастным изменениям, однако, основу её пищи (76,6%) формируют мелкие стайные рыбы (в первую очередь, трёхиглая колюшка *Gasterosteus aculeatus*) и рыбные отходы (11,5% массы пищи) [2, 7]. На третьем году жизни донные и придонные ракообразные в рационе этого вида рогатковых замещаются рыбами, т.е., как и керчаки, он переходит к факультативной ихтиофагии.

Таблица 1

**Состав пищи (в % по массе) некоторых видов рыб трофической группировки хищников-засадчиков рассматриваемых семейств отряда Scorpaeniformes в прикамчатских водах**

Компонент	Рогатковые			Волосатковые	Липаровые
	Многоиглый керчак	Керчак-яок	Дальневосточная широколобка	Бычок-ворон	Симуширская полипера
Decapoda	20,0	32,2	-	0,1	2,4
Pisces	61,6	64,1	76,6	99,0	97,5
Pisces, ova	3,4	0,1	-	-	-
Рыбные отходы	13,1	+	11,5	-	-
Прочие	1,9	3,6	11,9	0,9	0,1

Число исследованных рыб, экз.	1567	975	650	267	241
-------------------------------	------	-----	-----	-----	-----

Примечание. Знак «+» здесь и в таблицах 2 и 4-6 означает <0,1% по массе

В отличие от керчаков и северной широколобки, главными пищевыми объектами бычку-ворону *Hemitripteris villosus* (Hemitripteridae) и симуширской полипере *Polypera simushirae* (Liparidae) в прикамчатских водах (около 99,0 и 97,5% по массе соответственно) служат различные рыбы (табл. 1). Причём, у первого из этих хищников-засадчиков, концентрирующегося в период нагула (июнь-сентябрь) в зоне прибрежного мелководья на глубинах менее 20-30 м, их основу составляет молодь минтая *Theragra chalcogramma*, различные камбалы (в первую очередь, хоботная *Muzopsetta proboscidea* и желтоперая *Limanda aspera*) и стреловидный люмпен *Lumpenus sagitta* [2], тогда как у второго, обитающего преимущественно в верхней зоне материкового склона на глубинах 200-400 м, - такие массовые в прикамчатских водах представители липаровых, как короткоперый элассодиск *Elassodiscus tremebundus* и широколобый карепрокт *Careproctus furcellus* размером соответственно 18–38 и 26–43 см [2, 8, 12]. Основными кормовыми объектами нагуливающейся в нижней части шельфа ульке *Ulca bolini* (Hemitripteridae), как и керчакам, служат различные рыбы и десятиногие ракообразные [13].

В целом, несмотря, на указанную специализацию, всем рассматриваемым хищникам-засадчикам отряда Scorpaeniformes свойственна высокая пластичность питания, дающая возможность использовать значительный набор потенциальных кормовых организмов, а также рыбные, пищевые отходы и развивающуюся икру рыб [2, 5-8, и др.].

### Бентоихтиофаги

Представителей трофической группировки бентоихтиофагов, на наш взгляд, также можно выделить лишь в трёх из пяти рассматриваемых семейств отряда Scorpaeniformes – рогатковых Cottidae, психролотовых Psychrolutidae и липаровых Liparidae. В первом из этих семейств к бентоихтиофагам с широким пищевым спектром, включающим представителей 16 различных групп беспозвоночных и рыб [2, 13, 14, и др.], согласно нашим данным, относятся все три вида получешуйников – белобрюхий *Hemilepidotus jordani*, пёстрый *H. gilberti* и чешуехвостый *H. zapus*, хотя, по мнению В.И. Чучукало [10], они скорее нектобентофаги, так как рыбная составляющая в их рационе играет всё-таки второстепенную роль. Несмотря на возможность использовать значительный набор кормовых организмов, основными объектами питания (свыше 60% от массы пищи) этим рогатковым в течение года служат всего 2-3 группы донных и придонных ракообразных (у белобрюхого получешуйника – главным образом, Decapoda, у пёстрого – Amphipoda и Decapoda, а у чешуехвостого – Cirripedia, Amphipoda и Decapoda) (табл. 2). Помимо них, существенное значение в рационах получешуйников играют мелкие рыбы, рыбные отходы и развивающаяся икра рыб, суммарная доля которых составляет соответственно 28,3, 12,0 и 21,6% от массы пищи. Именно это, на наш взгляд, позволяет отнести получешуйников к группировке бентоихтиофагов. Колючий ицел *Icelus spiniger* по типу питания также является бентоихтиофагом с довольно разнообразным пищевым спектром [2, и др.]. Однако основа его биомассы в прикамчатских водах (около 81%) формируется за счёт десятиногих раков (главным образом, каридных креветок сем. Crangonidae, Pandalidae и раков-отшельников сем. Paguridae) и молоди рыб (в основном камбал и минтая) длиной 32-110 мм (табл. 2).

Таблица 2

#### Состав пищи (в % по массе) рыб трофической группировки бентоихтиофагов рассматриваемых семейств отряда Scorpaeniformes в прикамчатских водах

Компонент	Рогатковые			Колючий ицел	Психролотовые Щетинистый бычок	Липаровые Охотский липарис
	Получешуйники					
	Белобрюхий	Пёстрый	Чешуехвостый			
Cirripedia	-	-	43,7	-	-	-
Amphipoda	2,5	12,8	8,6	3,0	2,4	0,1
Decapoda	41,5	40,5	1,6	80,7	18,4	68,2

Pisces	11,0	9,8	4,6	9,5	47,9	31,0
Pisces, ova	17,3	2,2	3,8	+	-	-
Рыбные отходы	-	-	13,2	-	-	-
Прочие	27,7	34,7	24,5	6,8	31,3	0,7
Число исследованных рыб, экз.	1362	841	244	438	77	266

В отличие от получешуйников и колючего ицела, спектр питания такого вида психролютовых, как щетинистый бычок *Dasycottus setiger* значительно уже и включает представителей только 10 групп беспозвоночных и рыб [15]. Однако основа его биомассы (более 90%) создается за счет десятиногих ракообразных (в основном, молоди краба-стригуна *Chionoecetes opilio* и каридных креветок родов *Pandalus* и *Eualus*), осьминогов рода *Octopus* и рыб (табл. 2). Последние представлены, главным образом, молодью и мелкими особями сем. Cottidae, Liparidae и Agonidae размером 7-20 см, а в осенне-зимние месяцы (ноябрь-декабрь) – еще и сеголетками минтая длиной 11-14 см. По мере увеличения размеров щетинистого бычка значение десятиногих ракообразных и большинства других бентических организмов в его рационе резко сокращается (до 2,3% у особей длиной 31-40 см), но возрастает потребление осьминогов и рыб, которые служат основными пищевыми объектами (около 90% по массе) наиболее крупных экземпляров этого вида психролютовых.

Основа биомассы (свыше 99%) охотского липариса *Liparis ochotensis* создается за счет десятиногих ракообразных и рыб (табл. 2). Среди первых из них в его пище доминируют крабы сем. Majidae (преимущественно краб-стригун *Chionoecetes opilio*) с шириной карапакса 1-4 см, среди вторых – такие рогатковые, как вильчатый *Triglops forficatus* и большеглазый *T. szepticus* триглопсы длиной 6-21 см [2, 8].

### Нектобентоихтиофаги

К этой группировке из всех исследованных нами видов отряда Scorpaeniformes в прикамчатских водах можно отнести лишь двух представителей рогатковых - губчатого бычка *Thyriscus anoplus* и восточного двурогого ицела *Icelus spatula*, поскольку, наряду с бентосными организмами, они потребляют молодь рыб и креветок, причём значение последних наиболее велико [2, 13, и др.]. Первый из них характеризуется сравнительно узким пищевым спектром, а основа его биомассы (около 89%) формируется за счет трех групп кормовых организмов - Decapoda, Amphipoda и Pisces [2, 13]. С увеличением размеров губчатого бычка потребление им различных групп кормовых организмов существенно изменяется: если главной пищей мелким особям служат бокоплавы и креветки сем. Thoridae (96% по массе), то основу рациона наиболее крупных экземпляров составляют последние из них (29%) и молодь рыб (43%).

В рационе восточного двурогого ицела, наряду с креветками (представители родов *Agris*, *Eualus*, *Lebbeus*, *Spirontocaris*) и бокоплавами, существенную роль (около 41% по массе) играют мелкие особи и молодь различных рыб (представители семейств Cottidae, Agonidae, Liparidae, Stichaeidae) длиной 12-55 мм [2, 13]. Однако, в отличие от большинства других видов сем. Cottidae, у которых рыбная пища доминирует лишь в рационе крупных особей, относительное значение рыб наиболее велико (63,2% по массе) в пище молоди восточного двурогого ицела длиной до 100 мм. С увеличением размеров ицела доля данного кормового объекта в его рационе заметно сокращается, составляя у самых крупных особей 39,9%. Подобный характер возрастных изменений относительного значения рыб в пище восточного двурогого ицела, скорее всего, обусловлен тем, что потребляемая им молодь рыб мала и по своим размерам сопоставима с остальными кормовыми организмами, тогда как ее весовые показатели существенно превышают таковые у ракообразных. По мере роста восточного двурогого ицела, размеры используемых им в пищу креветок резко возрастают, тогда как длина потребляемой молоди рыб, изменяется не столь значительно.

### Бентофаги

Преобладающая часть исследованных нами донных и придонных представителей отряда Scorpaeniformes является бентофагами (46,7% от всех рассматриваемых видов отряда скорпенообразных), в том числе, 8 видов рогатковых, один вид психролютовых, 9 видов липаровых и 10 ви-

дов морских лисичек Agonidae. Все три исследованных вида крючкорогов (охотский *Artediellus ochotensis*, тонкохвостый или камчатский *A. camchaticus* и чернопёрый *Artediellichthys nigripinnis*) по типу питания - типичные мезобентофаги (табл. 3). Хотя их пищевые спектры довольно разнообразны, основные кормовые объекты первого (96,4% по массе) - многощетинковые черви Polychaeta, бокоплавы Amphipoda и мелкие десятиногие раки Decapoda, второго (около 90%) – многощетинковые черви Polychaeta и бокоплавы Amphipoda, а третьего (84,7%) - только бокоплавы Amphipoda [2, и др.]. Но, по мере роста, у охотского и тонкохвостого крючкорогов возрастает потребление многощетинковых червей. Узколобого *Gymnacanthus galeatus*, нитчатого *G. pistilliger* шлемоносцев и бычка-бабочку *Melletes papilio* можно охарактеризовать как бентофагов с широкими пищевыми спектрами [2, 16, 17, и др.]. Однако, по нашим данным, в прикамчатских водах основными объектами питания первому из них (51%) служат актинии рода *Metridium*, второму (около 70% по массе) – различные многощетинковые черви Polychaeta и эхиурус *Echiurus echiurus*. Бычок-бабочка, по нашим данным, потребляет преимущественно десятиногих раков и бокоплавов [17], тогда как обладающие более узкими пищевыми спектрами седловидный *Microcottus sellaris* и двурогий *Enophrys diceraus* бычки питаются главным образом бентическими организмами, среди которых преобладают бокоплавы Amphipoda и многощетинковые черви Polychaeta. Сходные доминирующие группы кормовых организмов для двурогого бычка в прикамчатских водах указаны В.Н. Чучукало [10].

Представитель семейства психролютовых мягкий бычок *Malacocottus zonurus* по типу питания является бентофагом с широким пищевым спектром, включающим представителей 23 таксонов беспозвоночных и рыб [15]. Но основа его биомассы (свыше 76%) формируется лишь за счет четырех групп кормовых организмов – Polychaeta, Amphipoda, Gastropoda, Octopoda (табл. 3), причем представители двух первых из них преобладают в пище молоди, а двух остальных – в рационе крупных рыб. Среди многощетинковых червей наибольшее значение в пище мягкого бычка имеют виды сем. Phyllodocidae, среди бокоплавов – сем. Lysianassidae, Ampeliscidae, Atylidae, Stenothoidae и Eusiridae. Брюхоногие моллюски представлены особями с длиной раковины до 30-50 мм (чаще других встречались *Acmea cassis*), а головоногие моллюски – мелкими осьминогами рода *Octopus*.

Таблица 3

**Состав пищи (в % по массе) некоторых видов рогатковых и психролютовых трофической группировки бентофагов отряда Scorpaeniformes в прикамчатских водах**

Компонент	Рогатковые					Психролютовые
	Крючкорогои			Шлемоносцы		
	Охотский	Тонкохвостый	Чернопёрый	Узколобый	Нитчатый	Мягкий бычок
Anthozoa	-	-	-	51,0	0,2	0,5
Echiuruda	-	-	-	16,8	20,9	-
Polychaeta	42,1	50,0	9,7	1,1	36,3	16,8
Amphipoda	31,0	39,3	84,7	1,2	3,0	7,1
Decapoda	23,3	3,3	4,3	7,3	12,2	1,7
Gastropoda	-	-	-	-	-	21,8
Octopoda	-	-	-	-	-	30,6
Прочие	3,6	7,4	1,3	22,6	27,4	21,5
Число исследованных рыб, экз.	62	621	100	125	50	331

Спектры питания трёх исследованных видов карепроктов (широколобого *Careproctus furcellus*, шершавого *C. rastrinus* и высокотелого *C. roseofuscus*), а также щелеглазого морского слизня *Crystallichthys mirabilis* и короткопёрого элассодиска *Elassodiscus tremebundus* довольно разнообразны и включают представителей 7-8 (у широколобого карепрокта - 12) групп беспозвоночных и рыб (табл. 4). Но основа биомассы шершавого карепрокта (96%) формируется лишь за счет одной (Amphipoda, размером 8-36 мм), широколобого (около 84%) - двух (Amphipoda, Decapoda), а остальных (88-98%) - трёх различных групп кормовых организмов (у щелеглазого морского слизня - Amphipoda, Decapoda, Polychaeta; у короткопёрого элассодиска - Amphipoda, Ophiuroidea, Cumacea; у высокотелого карепрокта - Echiuruda, Anthozoa, Amphipoda). Среди бокоплавов наибольшее значение в пище отдельных липаровых имеют виды сем. Lysianassidae, Ampeliscidae,

Atylidae, Stenothoidae, Eusiridae и Caprellidae; среди десятиногих раков - у щелеглазого морского слизня и широколобого карепрокта каридные креветки сем. Crangonidae (виды родов *Crangon* и *Agris*) размером 10-51 мм. Эхиуриды в рационе высокотелого карепрокта представлены только одним видом *Echiurus echiurus* (в желудках встречались исключительно его хоботки), а Anthozoa - актиниями *Metridium* sp. Среди офиур наибольшую роль в пище короткопёрого элассодиска играли *Ophiopholis aculeata* и *Ophiura sarsi*, среди кумовых - представители родов *Lamprops* и *Diastylis*. Широколобый, шершавый карепрокты и щелеглазый морской слизень потребляли также молодь рыб (преимущественно, сем. Cottidae, Psychrolutidae и Liparidae) размером не более 40-50 мм [8].

Данные полевых анализов свидетельствуют, что главными пищевыми объектами длиннопёрому элассодиску *Elassodiscus obscurus*, вильчатому карепроктору *Careproctus cypselurus* и паралипарису *Paraliparis grandis* также служат бокоплавцы и десятиногие раки [8]. Пищевой спектр аллокарепрокта Джордана *Allocareproctus jordani* значительно шире и помимо ракообразных (их частота встречаемости составляет лишь 40%) включает многощетинковых червей, брюхоногих и головоногих моллюсков, офиур, а также молодь рыб и отходы рыбообработки [18, и др.].

Среди морских лисичек наиболее разнообразен пищевой спектр дальневосточной *Podothecus sturioides* и осетровой *P. accipenserinus*, включающий представителей 15-17 групп беспозвоночных и молодь рыб [2, и др.]. Но основа биомассы первого вида (около 93%) формируется за счёт четырёх (Amphipoda, Cumacea, Euphausiacea, Decapoda), а второго (97%) – за счёт трёх (Amphipoda, Cumacea, Decapoda) групп ракообразных (табл. 5). Десятиногие раки представлены преимущественно молодью каридных креветок сем. Crangonidae, а эвфаузииды – одним видом *Thysanoessa raschii*. В отличие от дальневосточной и осетровой, спектры питания тонкохвостой *Sarritor frenatus*, тонкорылой *S. leptorhynchus* лисичек, щитоноса Бартона *Aspidophoroides bartoni* и чернопёрой глубоководной лисички *BathYGONUS nigripinnis* значительно уже и включают представителей лишь 4-8 групп беспозвоночных (табл. 5). Основа их биомассы (96,1-99,8%) также создаётся за счёт мелких ракообразных: у трёх первых видов - Amphipoda, а у последнего – Amphipoda и Decapoda. Причём десятиногие раки представлены преимущественно мелкими каридными креветками сем. Thoridae [2, 19, и др.]. Несмотря на малые размерно-весовые показатели, пищевой спектр четырёхрогого гипсагона *Hypsagonus quadricornis* более разнообразен, чем у всех остальных рассматриваемых морских лисичек, за исключением видов рода *Podothecus*, и включает представителей 9 различных групп беспозвоночных и молодь рыб [2, и др.]. Однако основа его рациона (около 95% по массе) формируется за счёт лишь двух групп кормовых организмов – Amphipoda и Polychaeta (табл. 5). Среди последних наибольшее значение в пище имеют многощетинковые черви сем. Phyllodocidae и Maldanidae [2, и др.].

Таблица 4

**Состав пищи (в % по массе) некоторых видов липаровых трофической группировки бентофагов отряда Scorpaeniformes в прикамчатских водах**

Компонент	Щелеглазый морской слизень	Карепрокты			Короткопёрый элассодиск
		Шершавый	Широколобый	Высокотелый	
Anthozoa	-	-	-	31,3	-
Polychaeta	10,8	0,2	1,6	6,8	0,2
Echiurida	-	-	-	33,1	-
Cumacea	-	-	+	-	15,6
Amphipoda	73,9	95,9	61,7	23,6	51,5
Euphausiacea	+	-	8,6	-	0,2
Decapoda	10,7	1,2	21,8	2,0	0,1
Ofiuroidea	-	-	-	-	31,5
Pisces	3,9	0,8	2,0	-	-
Прочие	0,7	1,9	4,3	3,2	0,9
Число исследованных рыб, экз.	85	110	70	60	80

Следует также отметить, что у различных видов морских лисичек, входящих в состав трофической группировки бентофагов, прослеживается определённая связь состава потребляемой пищи со специфическим строением ротового аппарата [2, 19]. Щитонос Бартона обладает малень-



ким конечным ртом, лишённым каких-либо усиков, что вместе с его малыми размерами, по-видимому, обуславливает узкий спектр питания этого вида, состоящий исключительно из бентосных организмов. У тонкохвостой, тонкорылой, дальневосточной и осетровой лисичек – рот нижний, окружённый усиками для поиска закапывающихся в грунт кормовых организмов (в первую очередь, бокоплавов и кумовых раков). Две первых из этих морских лисичек крупнее щитоноса Бартона, на нижней стороне рыла и в углах рта у них расположено 6 пар усиков, следствием чего, на наш взгляд, является и более широкий пищевой спектр, в котором некоторую роль начинает играть нектобентос и макропланктон (табл. 5). У наиболее крупных представителей бентофагов-ракоедов - дальневосточной и осетровой лисичек [19], рот которых окружён многочисленными усиками (28-30 пар на нижней челюсти и около рта). В связи с этим, а также возрастающей по сравнению с более мелкими видами подвижностью, дальневосточная и осетровая лисички имеют наиболее широкие спектры питания и наряду с бентическими формами потребляют массовых представителей нектобентоса (мизиды, молодь креветок) и макропланктона (эвфаузииды), находящихся временно в придонном слое. Полуверхний рот обитающей в верхней батииали чернопёрой глубокоководной лисички, очевидно, облегчает ей, наряду с использованием в пищу бокоплавов, поимку мелких креветок (а также мизид и эвфаузиид), концентрирующихся в придонном слое воды. Рацион четырёхрогого гипсагона, для которого характерен маленький конечный рот, существенно отличается от всех остальных вышеупомянутых видов морских лисичек, поскольку почти половину его составляют многощетинковые черви (табл. 5).

Судя по спектрам питания и строению ротового аппарата (нижний рот, окружённый усиками), малоушая *Podothecus veterinus* и длинноушая *Leptagonus decagonus* лисички входят в состав трофической группировки бентофагов, использующих в пищу преимущественно ракообразных. Основными кормовыми объектами первой из них (свыше 94% по массе) служат представители трёх их групп – Amphipoda, Cumacea и Decapoda [10], тогда как второй – различные мелкие донные и придонные беспозвоночные животные (главным образом, Amphipoda и Coropoda, в меньшей степени Polychaeta) [20].

Таблица 5

**Состав пищи (в % по массе) некоторых видов морских лисичек трофической группировки бентофагов отряда Scorpaeniformes в прикамчатских водах**

Компонент пищи	Виды лисичек							
	Дальневосточная	Осетровая	Тонкохвостая	Тонкорылая	Чернопёрая глубокоководная	Щитонос Бартона	Четырёхрогий гипсагон	Японская
Polychaeta	0,6	0,2	0,6	1,4	-	3,9	47,4	98,8
Cumacea	7,8	23,3	-	-	0,1	0,2	0,1	-
Amphipoda	43,3	54,8	96,1	88,0	57,7	94,9	47,4	0,2
Euphausiacea	30,8	1,1	1,5	3,5	4,6	-	-	-
Decapoda	11,2	18,9	1,4	6,7	35,0	-	0,9	+
Прочие	5,8	1,7	0,4	0,4	2,6	1,0	4,2	1,0
Число рыб, экз.	1316	378	103	74	136	121	100	121

В отличие от всех остальных исследованных видов морских лисичек трофической группировки бентофагов, питающихся преимущественно или в большей степени (как четырёхрогий гипсагон) мелкими донными и придонными ракообразными, основа биомассы (около 99%) японской лисички *Percis japonica* формируется исключительно за счёт многощетинковых червей *Polychaeta* (табл. 5), которые в прикамчатских водах представлены главным образом особями рода *Lumbriconereis* [19]. В связи с этим, японская лисичка обладает конечным, выдвигающимся в трубку ртом, позволяющим ей всасывать многощетинковых червей. Очевидно, для эффективности поиска пищи на нижней челюсти у этого вида расположено 7 пар чувствительных пор.

## Нектобентофаги

Второй по числу представителей среди исследованных нами рыб отряда Scorpaeniformes является трофическая группировка нектобентофагов (23,3%), которая включает 7 видов рогатковых, 5 видов липаровых и 2 вида морских лисичек. Кормовыми объектами представителям этой трофической группировки служат как типично бентосные, так и обитающие в придонном слое воды организмы (табл. 6). Основная пища широколобого шлемоносца *Gymnacanthus detrisus* (более 50% по массе) - различные гребневики и медузы [2, 16, и др.], остроносого триглопса *Triglops pingeli* (93,7%) – мизиды Mysidacea и каридные креветки [2, и др.], у бычка Штейнегера *Stelgistrum steinegeri* (около 100%) – мизиды, креветки и бокоплавы Amphipoda [2], а четырёх остальных (черноносого *Icelus canaliculatus*, охотского *I. ochotensis* ицелов, ицела Перминова *I. perminovi* и жесткочешуйного бычка *Rastrinus scutigera*) - креветки и бокоплавы (соответственно 93,4, 95,8, 91,8 и 71,5% по массе) [2, 13, и др.].

Спектры питания двенадцатигранной и игловидной лисичек довольно узки (4-7 групп беспозвоночных). Основной пищей (свыше 99% по массе) первой из них служат исключительно Mysidacea (преимущественно *Stylomysis grandis*), второй – Mysidacea, Euphausiacea и Decapoda (табл. 6). Среди мизид наибольшую роль в её рационе играет также *S. grandis*, среди эвфаузиид – *Th. raschii*, а среди десятиногих раков – молодёжь креветок сем. Thoridae [2, 19, и др.]. Двенадцатигранная и игловидная лисички имеют верхний или полуверхний рот, облегчающий захват мелких ракообразных (мизид, эвфаузиид, креветок), концентрирующихся в придонном слое воды.

Таблица 6

**Состав пищи (в % по массе) некоторых видов рогатковых, липаровых и морских лисичек трофической группировки нектобентофагов рассматриваемых семейств отряда Scorpaeniformes в прикамчатских водах**

Компонент	Рогатковые					Липаровые Круглоголовый карепрокт	Морские лисички	
	Широколобый шлемоносец	Остроносый триглопс	Бычок Штейнегера	Ицелы			Двенадцатигранная	Игловидная
				Черноносый	Перминова			
Hydrozoa, Stenophora	50,2	-	-	-	-	-	-	-
Polychaeta	11,0	0,3	-	2,3	8,2	0,2	+	0,1
Echiuruda	18,7	-	-	-	-	-	-	-
Amphipoda	2,1	2,3	18,1	24,0	53,9	6,1	0,4	-
Mysidacea	-	49,2	36,3	-	-	-	99,6	63,1
Euphausiacea	0,1	0,7	-	-	-	14,2	-	28,0
Decapoda	2,0	44,5	45,6	69,4	37,9	66,7	+	8,8
Pisces	-	2,7	-	3,8	-	12,7	-	-
Прочие	15,9	0,3	+	0,5	+	0,1	+	-
Число исследованных рыб, экз.	210	336	22	110	105	60	429	45

Несмотря на то, что состав пищи круглоголового карепрокта *Careproctus cyclocephalus* довольно разнообразен и включает представителей 7 групп беспозвоночных и рыб (табл. 6), основа его биомассы (93,6%) формируется за счёт трёх различных групп кормовых организмов - Decapoda, Euphausiacea, Pisces. Среди десятиногих ракообразных доминируют креветки сем. Thoridae (несколько видов рода *Eualus*) длиной 13-50 мм, а среди рыб – преимущественно молодёжь сем. Cottidae, Psychrolutidae и Liparidae размером не более 40-50 мм [8]. Данные полевых анализов свидетельствуют, что такие виды липаровых как чернохвостый *Careproctus melanurus*, длиннопёрый *C. zachiris* карепрокты, карепрокт Коллетта *C. colletti* и перчаточник Беккера *Palmoliparis beckeri* характеризуются довольно узкими спектрами питания из 2-5 групп беспозвоночных и рыб. Но их основные кормовые объекты - мелкие креветки сем. Thoridae (представители родов *Eualus* и *Spirontocaris*) и бокоплавы [18, и др.].

## Бентомакропланктофаги

К этой группировке из всех исследованных нами видов 5 семейств отряда Scorpaeniformes относятся лишь два представителя рогатковых - вильчатохвостый *Triglops forficatus* и большеглазый *T. scepticus* триглопсы, использующие в пищу, наряду с типично бентическими организмами, планктонных ракообразных, концентрирующихся временно в придонном слое воды [2, и др.]. Основным объектом питания (около 97-98% по массе) в течение года им служат две группы ракообразных – Euphausiacea и Amphipoda [2]. Среди первых наибольшее значение в пище обоих триглопсов имеет *Thysanoessa raschii*, тогда как вторые у вильчатохвостого триглопса представлены, главным образом, бокоплавами (*Anonyx nugax*, *Ampelisca eschrichti*, *A. macrocephala*), а у большеглазого – бокоплавами (*A. nugax*, *A. eschrichti*) и гипериидами (*Parathemisto libellula*, *P. japonica*).

### Заключение

Полученные нами результаты анализа данных по питанию 60 исследованных видов рыб из 5 семейств отряда Scorpaeniformes позволили выделить среди них 6 трофических группировок (хищники-засадчики, бентоихтиофаги, нектобентоихтиофаги, бентофаги, нектобентофаги и бентомакропланктофаги), представители каждой из которых отличаются по типу питания, составу и размерам потребляемых в пищу кормовых организмов.

Для всех хищников-засадчиков, потребляющих преимущественно крабов и различных рыб, характерны крупные размеры и высокая пластичность питания, дающая им возможность использовать значительный набор потенциальных кормовых организмов, а также рыбные, пищевые отходы и развивающуюся икру рыб. У представителей этой трофической группировки ярко выражены возрастные изменения состава пищи, в связи с чем, по мере роста, беспозвоночные в их рационах постепенно замещаются рыбами, т.е. происходит переход от факультативной к облигатной ихтиофагии.

Хотя спектры питания бентоихтиофагов ещё более разнообразны, чем хищников-засадчиков, несмотря на возможность использовать значительный набор кормовых организмов, основными объектами питания получешуйникам в течение года служат всего 2-3 группы донных и придонных ракообразных (у белобрюхого получешуйника – главным образом, Decapoda, у пёстроного – Amphipoda и Decapoda, а у чешуехвостого – Cirripedia, Amphipoda и Decapoda). В отличие от них, колючий ицел потребляет преимущественно каридных креветок сем. Crangonidae и Pandalidae, раков-отшельников и молодь рыб, щетинистый бычок - десятиногих ракообразных (в основном, молодь краба-стригуна *Chionoecetes opilio* и каридных креветок родов *Pandalus* и *Eualus*), осьминогов рода *Octopus* и рыб, представленных, главным образом, молодь и мелкими особями сем. Cottidae, Liparidae, Agonidae и сеголетками минтая, а охотский липарис - десятиногих ракообразных и рыб (среди первых из них в его пище доминирует краб-стригун *Chionoecetes opilio*, среди вторых – такие рогатковые, как вильчатый *Triglops forficatus* и большеглазый *T. scepticus* триглопсы). Несколько отличаются от бентоихтиофагов представители трофической группировки нектобентоихтиофагов, которые характеризуются довольно небольшими размерами и сравнительно узкими спектрами питания, а также тем, что, наряду с бентосными организмами, потребляют молодь рыб семейств Cottidae, Agonidae, Liparidae, Stichaeidae и креветок сем. Thoridae, причём значение последних наиболее велико.

Основными кормовыми объектами большинству представителей наиболее разнообразной трофической группировки бентофагов, составляющей 46,7% от всех исследованных видов отряда скорпенообразных, служат различные многощетинковые черви, бокоплавы и мелкие десятиногие раки. Однако у некоторых видов рогатковых и липаровых, входящих в состав этой трофической группировки, отмечается определённая специализация. Например, главную роль в рационе узколобого шлемоносца и высокотелого карепрокта играют актинии рода *Metridium* и эхиурус *Echiurus echiurus*, значение которого ещё более велико в пище нитчатого шлемоносца.

Состав пищи второй по числу видов трофической группировки нектобентофагов (23,3% от всех исследованных представителей отряда скорпенообразных) формируют как типично бентосные (бокоплавы, многощетинковые черви и двустворчатые моллюски), так и обитающие в придонном слое воды организмы, такие как мизиды (остроносый триглопс, бычок Штейнегера, двенадцатигранная и игловидная лисички), мелкие каридные креветки (черноносый, охотский ицелы и ицел Перминова, круглоголовый, чернохвостый и длиннопёрый карепрокты, перчаточник Беккера), гидроидные медузы

и гребневики (широколобый шлемоносец). И наконец, представители трофической группировки бентомакропланктофагов, в состав которой входят лишь два вида рогатковых - вильчатохвостый и большеглазый триглопсы, наряду с такими типично бентическими организмами, как бокоплавцы, в значительных количествах используют в пищу планктонных ракообразных (главным образом, эвфаузииду *Thysanoessa raschii*), концентрирующихся временно в придонном слое воды.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шейко Б.А., Федоров В.В. Класс Cephalaspidomorphi – Миноги. Класс Chondrichthyes – Хрящевые рыбы. Класс Holocerphali – Цельноголовые. Класс Osteichthyes – Костные рыбы // Каталог позвоночных животных Камчатки и сопредельных морских акваторий. - Петропавловск-Камчатский: Камч. печатный двор, 2000. - С. 7-69.
2. Токранов А.М. Особенности биологии донных и придонных рыб различных семейств в прикамчатских водах: дис. в виде науч. докл. ... докт. биол. наук. - Владивосток, 2009. - 83 с.
3. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. - М.: Наука, 1974. - 254 с.
4. Лакин Г.Ф. Биометрия. - М.: Высшая школа, 1980. - 292 с.
5. Tokranov A.M., Orlov A.M. Feeding Pattern of the Great Sculpin *Myoxocephalus polyacanthocephalus* (Cottidae) and Its Position in the Trophic System of Near-Kamchatka Waters // Journal of Ichthyology. - 2013. - Vol.53. - №11. - P. 969-981.
6. Токранов А.М. Особенности питания керчака-яока *Myoxocephalus jaok* (Cuvier, 1829) (Cottidae) и его место в трофической системе прикамчатских вод // Морской биологический журнал. - 2018. - Т.3. - №3. - С. 43-56. DOI: 10.21072/mbj-2018.03.3.05
7. Максименков В.В., Токранов А.М. Питание северной дальневосточной широколобки в эстуарии реки Большой (Западная Камчатка) // Биология моря. - 1992. - №1-2. - С. 34-42.
8. Токранов А.М. Питание липаровых рыб (Liparidae) в тихоокеанских водах юго-восточной Камчатки и северных Курильских островов // Вопросы ихтиологии. - 2000. - Т.40. - №4. - С. 530-536.
9. Датский А.В., Андронов П.Ю. Ихтиоцен верхнего шельфа северо-западной части Берингова моря. - Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2007. - 261 с.
10. Чучукало В.И. Питание и пищевые отношения nekтона и nekтобентоса в дальневосточных морях. - Владивосток: ТИНРО-центр, 2006. - 484 с.
11. Напазаков В.В. Трофический статус и пищевые отношения массовых хищных рыб западнокамчатского шельфа // Вопросы ихтиологии. - 2015. - Т.55. - №1. - С. 63-73. doi: 10.7868/S0042875215010154
12. Орлов А.М., Питрук Д.Л. Материалы по питанию симуширской полиперы *Polypera simushirae* (Liparidae) и замечания о её распространении в районе северных Курильских островов // Вопросы ихтиологии. - 1996. - Т.36. - №6. - С. 821-826.
13. Tokranov A.M., Orlov A.M. Some biological features of rare and poorly-studied sculpins (Cottidae, Hemitriptera, Psychrolutidae) in the Pacific waters off the Northern Kuril Islands and Southeastern Kamchatka, Russian Federation // The Raffles Bulletin of Zoology. - 2007. - Supplement №14. - P. 187-198.
14. Токранов А.М. Особенности питания рогатковых рыб рода *Hemilepidotus* (Cottidae) и их место в трофической системе прибрежных вод Камчатки // Вопросы ихтиологии. - 1995. - Т.35. - №5. - С. 642-650.
15. Токранов А.М., Орлов А.М. Некоторые биологические особенности психролютовых рыб (Psychrolutidae) тихоокеанских вод юго-восточной Камчатки и северных Курильских островов. Сообщение 2. Размерно-возрастной, половой состав и питание // Вопросы ихтиологии. - 2001. - Т.41. - №5. - С. 605-614.
16. Токранов А.М. Питание рогатковых рыб рода *Gymnacanthus* Swainson (Cottidae) прикамчатских вод // Вопросы ихтиологии. - 1985. - Т.25. - Вып.3. - С. 433-437.
17. Токранов А.М. Некоторые черты биологии бычка-бабочки *Melletes papilio* (Cottidae) в прикамчатских водах Охотского моря // Вопросы ихтиологии. - 2014. - Т.54. - №5. - С. 566-573.

18. Токранов А.М., Орлов А.М. Некоторые вопросы биологии редких видов липаровых рыб (Liparidae) в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки // Труды КФ ТИГ ДВО РАН. Петропавловск-Камчатский: Камч. печатный двор. Книжн. изд-во, 2003. - Вып. IV. - С. 209-226.

19. Токранов А.М. Особенности питания морских лисичек (Agonidae) в прибрежных водах Камчатки // Вопросы ихтиологии. – 1992. - Т.32. - Вып.4. - С. 123-131.

20. Андрияшев А.П. Рыбы северных морей СССР. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1954. - 566 с.

## **TROPHIC GROUPS OF THE BOTTOM AND NEAR BOTTOM FISHES OF DIFFERENT FAMILIES OF SCORPAENIFORMES ORDER IN THE WATERS NEAR KAMCHATKA**

Tokranov Alexey Mikhailovich, Doctor of Biological Sciences, Senior science

Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, e-mail: tok\_50@mail.ru

*Based on comparison of feeding spectra of 60 species of the bottom and near bottom fishes of 5 families of Scorpaeniformes order, six trophic groups of this fishes - ambush predators (8 species), benthichthyophages (6 species), nektobenthichthyophages (2 species), benthophages (28 species), nektobenthophages (14 species) and benthomacropkanktophages (2 species), in the waters near Kamchatka are identified. The species of each trophic group are differed by type of feeding, composition and sizes of food organisms.*

УДК 597.587.9(268.46)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАССЫ ОТОЛИТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА ПОЛЯРНОЙ КАМБАЛЫ В БЕЛОМ МОРЕ**

Фукс Геннадий Валериевич, ст. специалист лаборатории прибрежных исследований

Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО»,  
Архангельск, Россия, e-mail: fuchs@pinro.ru

*В работе проведено исследование возможности определения возраста полярной камбалы (Liopsetta glacialis) по массе отолита, цель исследования – оценить возможность использования этого метода. Рассчитаны уравнения регрессии, описывающие взаимосвязь между возрастом особи и массой отолита полярной камбалы, отмечена высокая корреляционная зависимость между этими показателями, по сравнению с длиной, шириной и толщиной отолита. Метод можно использовать как экспресс-метод для определения возраста полярной камбалы. Подобных работ по полярной камбале не опубликовано.*

### **Введение**

У большинства рыб, отолиты могут быть использованы для определения возраста [1, с. 986; 2, с. 161; 3, с. 1; 4, с. 1]. Возрастной состав запаса является одним из основных параметров, используемых в модели оценки рыбных запасов [5, с. 5; 6, с. 6; 7, с. 478, 8, с. 486]. Как правило, у костистых рыб, возраст оценивается путем подсчета колец на регистрирующих структурах: отолиты, чешуя, позвонки, лучи плавников, колючки и т.д. [5, с. 8; 1, с. 985; 9, с. 39]. Оtolиты являются кальций-протеиновым образованием, они лежат во внутреннем ухе в слуховой капсуле и играют важную роль в равновесии особи [10, с. 174; 11, с. 2]. Оtolиты используются для идентификации популяций или вида рыбы [12, с. 470; 13, с. 192], как объекта питания хищников [14, с. 875]. Исследователями доказана зависимость размеров рыбы

и размеров отолита, в том числе возможность определения возраста по длине и массе отолита [15, с. 521; 16, с. 240; 17, с. 145; 18, с. 80; 19, с. 2]. Ввиду отсутствия сведений об использовании длины или массы отолита для определения возраста полярной камбалы Белого моря, цель данного исследования – оценить возможность применения этого метода.

### Материалы и методы

Материал собран в береговых командировках и научно-исследовательских рейсах Отдела Северного Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» в период 2003-2016 г., кроме этого использованы материалы 80-х годов прошлого столетия. Для сбора ихтиологического материала с судна использовали придонный трал проекта ББГЛ с горизонтальным раскрытием 14 м, вертикальным – 5 м и шагом ячеи в кутке 16 мм. На прибрежных станциях использовали рюжи с ячейей в кутке 12–24 мм и разноячейные порядки ставных жаберных сетей [20, с. 414]. Всего обработано 1530 отолитов (таблица 1).

Таблица 1

### Объем обработанного материала

Район Белого моря	Самки	Самцы	Всего
Кандалакшский залив	32	8	40
Онежский залив	489	365	854
Двинский залив	117	70	187
Мезенский залив	117	101	218
Воронка Белого моря	103	128	231

Биологический анализ выполнялся на местах сбора материала, отолиты обрабатывали в камеральных условиях. У особей полярной камбалы определяли зоологическую и промысловую длину, полный вес и вес без внутренностей, пол, стадии зрелости гонад, наполнение желудка, отолиты. Зоологическая длина каждого экземпляра измерена с точностью до 0,1 см. Для извлечения отолитов голову рыбы разрезали с дорсальной или вентральной стороны одним из нескольких существующих способов (зависит от предпочтений исследователя). В период проведения полевых работ, извлеченные отолиты помещали в чешуйные книжки для дальнейшего определения возраста в камеральных условиях. Отолиты собирали для использования их в качестве регистрирующих структур при определении возраста в процессе проведения полного биологического анализа, выполненного по общепринятым ихтиологическим методикам [21, с. 76; 22, с. 8]. Возраст рыбы определен с помощью отолитов по методу слома и обжига [23, с. 7; 24, с. 1] при 4-кратном увеличении объектива и 8-кратном окуляра в отраженном свете. Общий вид скола отолита показан на рис. 1. Возраст полярной камбалы в Белом море достигает до 22 лет [25, с. 47].

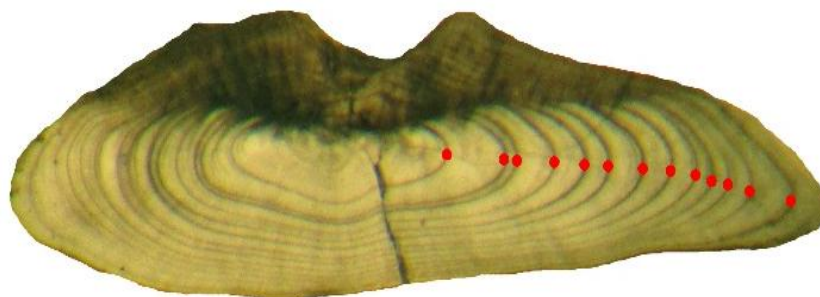


Рис. 1. Пример обожженного скола отолита полярной камбалы, точками отмечены годовые кольца [25, с. 81]

Определение длины и ширины отолита проводилось под бинокляром МБС-10 с использованием окуляр-микрометра, толщина измерялась толщиномером ТР 25-100Б с точностью до сотых долей мм. Взвешивание выполнялось на весах А&D GR-120 с точностью до 0,1 мг.

Статистические анализы выполнены в MS Excel с помощью регрессионного анализа. Для оценки зависимости длина рыбы – длина отолита и возраст рыбы – масса отолита использовано уравнение  $y = ax + b$ , для зависимости длина рыбы – масса отолита и возраст рыбы – длина отолита  $y = ax^2$ , где  $x$  – длина или возраст рыбы;  $y$  – длина или масса отолита;  $a$  и  $b$  – коэффициенты.

### Результаты и обсуждение

Данные по исследуемым параметрам отолитов представлены в таблице 2. Особи полярной камбалы и, соответственно, отолиты, крупнее в восточных районах Белого моря, кроме этого, в них гораздо больше возрастных классов. Это связано с меньшим промысловым прессингом и труднодоступностью участков лова.

Таблица 2

#### Данные по возрасту и параметрам отолитов полярной камбалы

Район моря	Самки			Самцы		
	Min	Max	Mean±	Min	Max	Mean±
Возраст, лет						
Кандалакшский залив	1	7	-	1	4	-
Онежский залив	1	12	-	1	13	-
Двинский залив	2	8	-	2	13	-
Мезенский залив	3	20	-	2	15	-
Воронка Белого моря	4	16	-	2	15	-
Длина рыбы, см						
Кандалакшский залив	6,9	26,2	18,7±4,71	7,7	16,9	13,0±3,35
Онежский залив	6,2	27,6	16,4±3,72	6,5	20,4	12,6±2,26
Двинский залив	10,8	25,6	17,6±3,10	12,4	19,4	15,7±1,61
Мезенский залив	10,0	28,0	19,3±3,94	8,0	26,6	15,1±4,05
Воронка Белого моря	13,1	30,2	20,0±2,87	10,2	22,9	14,1±1,83
Длина отолита, мм						
Кандалакшский залив	1,8	5,4	3,9±0,91	1,6	3,8	2,9±0,79
Онежский залив	1,6	6,6	3,8±0,75	1,5	4,1	3,1±0,46
Двинский залив	2,6	5,3	3,8±0,6	2,7	4,2	3,4±0,34
Мезенский залив	2,5	6,2	4,3±0,76	2,0	5,8	3,5±0,82
Воронка Белого моря	2,9	6,4	4,6±0,61	2,6	5,0	3,4±0,35
Ширина отолита, мм						
Кандалакшский залив	1,4	3,4	2,6±0,52	1,3	2,4	2,0±0,44
Онежский залив	1,2	4,1	2,7±0,46	1,2	2,8	2,2±0,30
Двинский залив	1,9	3,5	2,7±0,35	1,9	2,9	2,4±0,20
Мезенский залив	1,9	4,0	2,9±0,48	1,4	3,8	2,4±0,49
Воронка Белого моря	2,2	4,5	3,1±0,40	1,9	3,3	2,3±0,22
Толщина отолита, мм						
Кандалакшский залив	0,39	0,95	0,70±0,15	0,40	0,75	0,60±0,13
Онежский залив	0,35	1,20	0,80±0,13	0,46	1,10	0,70±0,12
Двинский залив	0,52	1,00	0,70±0,10	0,60	0,95	0,70±0,09
Мезенский залив	0,50	1,31	0,80±0,14	0,52	1,09	0,70±0,12
Воронка Белого моря	0,61	1,22	0,90±0,12	0,50	1,10	0,70±0,09
Масса отолита, мг						
Кандалакшский залив	1,0	17,9	9,3±4,27	1,2	6,9	4,3±2,24
Онежский залив	0,7	29,5	9,7±4,56	0,9	13,3	6,0±2,29
Двинский залив	3,1	18,0	8,9±3,11	3,8	12,2	7,1±1,83
Мезенский залив	2,7	30,5	13,1±5,72	1,6	22,8	8,0±4,75
Воронка Белого моря	5,1	35,9	14,9±5,00	2,8	16,1	6,8±2,00

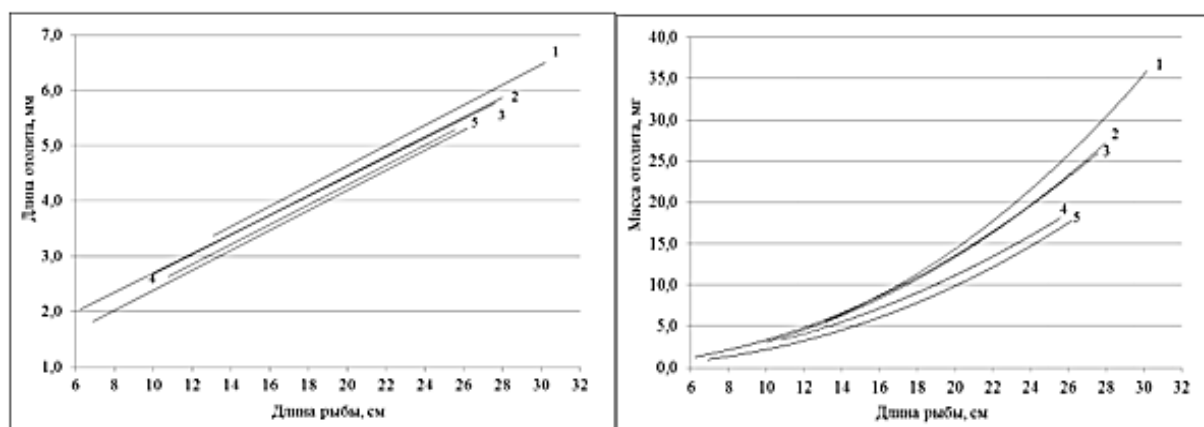
Зависимость между длиной рыбы и массой отолита выражено степенной функцией, уравнения регрессии даны в таблице 3. Коэффициент детерминации показывает сильную связь этих параметров, они не зависят от пола и местообитания, исключение составляют самцы Двинского залива, с самым низким значением коэффициента, по-видимому имеющие наибольшую изменчивость по этой связи.

### Уравнения регрессии, описывающие взаимосвязь между длиной тела и массой отолита полярной камбалы в районах Белого моря

Район моря	Самки		Самцы	
	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации
Кандалакшский залив	$y = 0,0143x^{2,1821}$	$R^2 = 0,9502$	$y = 0,0080x^{2,4108}$	$R^2 = 0,9775$
Онежский залив	$y = 0,0319x^{2,0201}$	$R^2 = 0,8327$	$y = 0,0347x^{2,0079}$	$R^2 = 0,7384$
Двинский залив	$y = 0,0303x^{1,9715}$	$R^2 = 0,8757$	$y = 0,0350x^{1,9189}$	$R^2 = 0,5597$
Мезенский залив	$y = 0,0239x^{2,1118}$	$R^2 = 0,9140$	$y = 0,0244x^{2,1048}$	$R^2 = 0,9285$
Воронка Белого моря	$y = 0,0179x^{2,2310}$	$R^2 = 0,8607$	$y = 0,0345x^{1,9865}$	$R^2 = 0,8410$

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы. При одинаковой длине рыбы, длина и масса отолита больше в восточных частях Белого моря и уменьшается в западном направлении до Кандалакшского залива. При сравнении зависимости возраст рыбы – длина и масса отолитов, получается обратная картина, отолиты растут быстрее с запада на восток.

На рис. 2-3 показаны аппроксимированные графические данные по пяти районам Белого моря. Графики даны только по самкам, так как у самцов отмечены похожие данные.

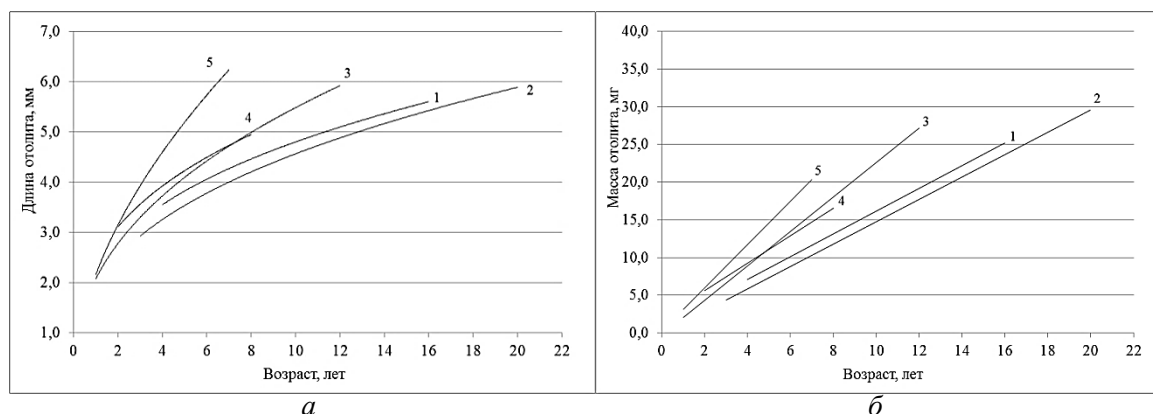


а

б

Рис. 2. Зависимость длины (а) и массы (б) отолита полярной камбалы от длины рыбы в исследуемых районах Белого моря:

1-Воронка Белого моря, 2-Мезенский залив, 3-Онежский залив, 4-Двинский залив, 5 Кандалакшский залив



а

б

Рис.3. Зависимость длины (а) и массы (б) отолита полярной камбалы от возраста в исследуемых районах Белого моря:

1-Воронка Белого моря, 2-Мезенский залив, 3-Онежский залив, 4-Двинский залив, 5 Кандалакшский залив



В процессе проведения работ измерены длина, ширина, толщина и масса отоликов для выявления наиболее тесно связанных между собой признаков. Рассчитаны коэффициенты корреляции зависимости возраста рыбы от параметров отоликометрии для исследованных районов Белого моря (таблица 4), выявлено, что самые высокие значения коэффициентов по зависимости возраст рыбы – масса отолика.

Таблица 4

**Коэффициенты корреляции параметров отоликометрии по отношению к возрасту полярной камбалы**

Район	Длина отолика		Ширина отолика		Толщина отолика		Масса отолика	
	Самки	Самцы	Самки	Самцы	Самки	Самцы	Самки	Самцы
Кандалакшский залив	0,7906	0,8210	0,8237	0,8572	0,7401	0,9505	0,9049	0,9535
Онежский залив	0,7832	0,7188	0,7841	0,7324	0,8339	0,8577	0,8485	0,8609
Двинский залив	0,6753	0,6958	0,6812	0,6068	0,6927	0,9197	0,7361	0,8216
Мезенский залив	0,7649	0,7925	0,7389	0,7772	0,8647	0,8184	0,8745	0,8297
Воронка Белого моря	0,6642	0,7090	0,6755	0,6888	0,7762	0,8066	0,7963	0,8357

Возраст исследованных особей полярной камбалы, варьировал от 2 до 20 лет. Отолит содержит информацию о возрасте и росте рыбы. Зарубежные исследователи подчеркивают тесную связь длины и массы отолика с возрастом рыбы [1, с. 983; 12, с. 240; 15, с. 521; 17, с. 145]. Исходя из этого они предположили возможность использования данной зависимости в определении возраста. Это может быть связано с непрерывной и постоянной скоростью осаждения минеральных веществ на отолики или уменьшение роста тела после созревания. В старших возрастных группах, темп роста рыбы и отоликов уменьшается, но за счет осаждения минералов на отолики, размер отолика постоянно увеличивается [27, с. 210]. Результатом этого процесса является прекращение удлинения отолика и увеличение его массы у старых рыб [19, с. 4].

М. Кардинале [16, с. 247] выявил тесную связь между массой отолика и возрастом у морской камбалы и атлантической трески, и рекомендовал этот метод, поскольку он является объективным, экономичным, и легким для выполнения в определении возраста.

В результате обработки данных получены средние значения массы отолика для определения возраста полярной камбалы (таблица 5). При этом, что для большей точности определения возраста необходимо иметь не менее 10 особей одного возрастного класса самцов и самок, о чем отмечено у Н.И. Чугуновой [5, с. 79]. Как правило, в распоряжении исследователя имеются средние возрастные классы.

Таблица 5

**Средние значения массы отолика (мг) для определения возраста полярной камбалы Белого моря**

Район моря	Возраст									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Самки									
Кандалакшский залив	1,3	5,2	9,8	12,9	11,9	17,3	17,9	-	-	-
Онежский залив	1,2	3,9	6,6	9,2	11,1	13,6	14,9	19,0	-	18,8
Двинский залив	-	4,2	7,4	10,0	11,5	11,1	9,3	14,7	-	-
Мезенский залив	-	-	3,7	5,1	6,4	10,0	11,2	12,4	12,4	15,4
Воронка Белого моря	-	-	-	5,8	6,7	10,3	12,3	13,1	15,9	16,6
	Возраст									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Кандалакшский залив	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Онежский залив	21,2	29,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Двинский залив	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Мезенский залив	15,6	16,8	20,0	20,2	20,7	-	29,6	-	-	30,5
Воронка Белого моря	17,6	16,4	18,3	19,3	27,8	25,3	-	-	-	-

	Самцы									
	Возраст									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кандалакшский залив	1,2	3,3	6,4	6,7	-	-	-	-	-	-
Онежский залив	1,2	3,3	4,5	5,7	6,7	7,2	8,4	8,5	9,2	10,1
Двинский залив	-	4,4	5,1	6,8	7,4	8,0	8,9	-	-	-
Мезенский залив	-	1,6	3,0	3,9	4,8	6,3	7,9	10,0	8,5	12,9
Воронка Белого моря	-	2,8	4,1	5,1	5,8	6,0	6,9	7,2	8,8	8,7
	Возраст									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Кандалакшский залив	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Онежский залив	11,0	13,3	10,6	-	-	-	-	-	-	-
Двинский залив	-	-	12,2	-	-	-	-	-	-	-
Мезенский залив	10,6	12,8	14,7	6,4	18,6	-	-	-	-	-
Воронка Белого моря	9,7	9,6	10,7	9,7	10,3	-	-	-	-	-

По результатам наших исследований установлено, что зависимость возраст рыбы – масса отолита сильнее, чем по остальным параметрам отолита по всем исследованным районам Белого моря. Таким образом, эту зависимость можно использовать как экспресс-метод для определения возраста полярной камбалы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Anderson J.R.; Morison, A.K. & Ray, D.J. Age and growth of Murray cod, *Maccullochella peelii* (Perciformes; Percichthyidae), in the lower Murray-Darling. Journal of Marine and Basin, Australia, from thin sectioned otoliths // Australian Freshwater Research. – 1992. – 43: 983-1013.
2. Horn P.L. & Sullivan K.J. Validated aging methodology using otoliths, and growth parameters for hoki (*Macruronus novaezelandiae*) in New Zealand waters // New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. – 1996. – 30: 161-174.
3. Newman S.J., Cappel M. & Williams D.M. Age, growth, mortality rates and corresponding yield estimates using otoliths of the tropical red snappers, *Lutjanus erythropterus*, *L. malabaricus* and *L. sebae*, from the central Great Barrier Reef // Fisheries Research. – 2000. – 48: 1-14.
4. Strelcheck A.G., Fitzhugh G.R., Coleman F.C. Otolith–fish size relationship in juvenile gag (*Mycteroperca microlepis*) of the eastern Gulf of Mexico: a comparison of growth rates between laboratory and field populations // Fisheries Research. – 2003. – 60: 255-265.
5. Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. – М., – 1959. – 164 с.
6. Begg G.A., Friedland K.D. & Pearce J.B. Stock identification and its role in stock assessment and fisheries management: an overview // Fisheries Research. – 1999. – 43: 1-8.
7. Begg G.A., Campana S.E., Fowler A.J. Otolith research and application: current directions in innovation and implementation // Marine and Freshwater Research. – 2005. – 56 (5): 477-484.
8. Campana S.E. Otolith science entering the 21st century // Marine and Freshwater Research. – 2005. – 56: 485-495.
9. Вышегородцев А.А. Краткий словарь ихтиолога. Красноярск: КрасГУ, 2002. – 230 с.
10. Серпунин Г.Г. Биологические основы рыбоводства. – М.: Колос, 2009. – 384 с.
11. Shedding Light on Fish Otolith Biomineralization Using a Bioenergetic Approach / R. Fablet, L. Pecquerie, H. Pontual, H. Nøie, et al. // PLoS ONE 6(11). 2011: e27055. doi:10.1371/journal.pone.0027055.
12. Cardinale M., Doering-Arjes P., Kastowsky M. Effects of sex, stock, and environment on the shape of known-age Atlantic cod (*Gadus morhua*) otoliths // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2004. – 61: 158-167.
13. Афанасьев П.К., Орлов А.М., Рольский А.Ю. Сравнительный анализ формы отолитов как инструмент видовой идентификации и изучения популяционной организации различных видов рыб // Зоологический журнал. – 2017. – Т. 96. – № 2. – С. 192-200.
14. Cottrell P.E., Trites A.W. & Miller E.H. Assessing the use of hard parts in faeces to identify harbour seal prey: results of captive-feeding trials // Canadian Journal of Zoology. – 1996. – 74: 875-880.
15. Pawson M.G. Using otolith weight to age fish // J. Fish Bid. – 1990. – 36: 521-531.
16. Cardinale M., Arrhenius F., Johnsson B. Potential use of otolith weight for the determination

of age-structure of Baltic cod (*Gadus morhua*) and plaice (*Pleuronectes platessa*) // Fisheries Research. – 2000. – 45: 239-252.

17. Otolith weight as an estimator of age in the Patagonian grenadier, *Macruronus magellanicus*, in central-south Chile / Pino C.A., Cubillos, L.A., Araya, M. & Sepulveda A. // Fish. Res. – 2004. – 66(2ñ3), 145-156. 156. doi:10.1016/j.fishres.2003.07.003.

18. Relationships between fish size and otolith size and weight in the bathypelagic species, *Beryx splendens* Lowe, 1834 collected from the Arabian Sea coasts of Oman / Al-Mamry J., Jawad L., Al-Busaidi H., Al-Habsi S., Al-Rasbi S. // Quad. Mus. St. Nat. Livorno. – 2010. – 23: 79-84.

19. Use of otolith length and weight in age estimations of the kingsoldier bream, *Argyrops spinifer*, in the Persian Gulf / M. Ghanbarzadeh, N. Soofiani M., Y. Keivany, S.A. Taghavi-Motlagh // Iran. J. Ichthyol. – 2014. – 1(1): 1–6.

20. Семушин А.В., Фукс Г.В., Шилова Н.А. Камбаловые Белого моря: современные данные о биологии полярной камбалы *Liopsetta glacialis*, речной камбалы *Platichthys flesus*, и ершоватки *Limanda limanda* // Вопр. ихтиологии. – 2015. – Т. 55, № 4. – С. 413-425.

21. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М. – 1966. – 376 с.

22. Методы рыбохозяйственных исследований: Методическое пособие. / С.В. Шибяев, В.А. Шкицкий, К.В. Тылик, М.Ф. Козлова. – Калининград: Изд-во КГТУ, 1996. – 27 с.

23. Christensen J. M. Burning otoliths, a technique for age determination of soles and other fish // J. Cons. Perm. int. Explor. Mer. – 1964. – 29, 73–81.

24. Chilton D.E., and Beamish R.J. Age determination methods for fishes studied by the ground-fish program at the Pacific Biological Station // Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences. – 1982. – 60. 102 pp.

25. Фукс Г.В., Семушин А.В. Максимальный возраст полярной камбалы *Liopsetta glacialis*, речной камбалы *Platichthys flesus* и ершоватки *Limanda limanda* в прибрежных водах Северного рыбохозяйственного бассейна // Изв. Калинингр. гос. техн. ун-та. – 2017. – № 46. – С. 47-59.

26. Фукс Г.В. Методические аспекты определения возраста полярной камбалы (*Liopsetta glacialis*) по отолитам в арктических морях северо-западной части России // Изв. Калинингр. гос. тех. ун-та. – 2017. – № 44. – С. 70-86.

27. Nedreaas K. Age determination of Northeast Atlantic Sebastes species // Journal du Conseil/Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer. – 1990. – 47: 208-230.

## USING OTOLITH MASS TO DETERMINE THE AGE OF ARCTIC FLOUNDER IN THE WHITE SEA

Fuks Gennadiy Valerievich, Senior Specialist of the Coastal Research Laboratory

Polar branch of "VNIRO", Arkhangelsk, Russia, e-mail: fuks@pinro.ru

*The paper investigates the possibility of determining the age of the Arctic flounder (*Liopsetta glacialis*) by the mass of the otolith. The purpose of the study is to evaluate the possibility of using this method. Regression equations describing the relationship between the age of the individual and the mass of the otolith of the Arctic flounder were calculated. A high correlation was observed between these indicators, compared with the length, width and thickness of the otolith. The method can be used as an Express method for determining the age of the Arctic flounder. Similar work in the Arctic flounder has not been published.*

## СЕКЦИЯ «ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»

### SECTION "ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT"

УДК 504.456

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА БОЛОТА СВИНОГО (КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Борисенко Анжелла Денисовна, лаборант кафедры ихтиологии и экологии  
Цветкова Надежда Николаевна, канд. географ. наук, доцент кафедры ихтиологии  
и экологии

Ласкина Дарья Николаевна, студент кафедры ихтиологии и экологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: anzhella.borisenko@klgtu.ru; nagornova@klgtu.ru;  
drlaskina@gmail.com

*В статье представлены результаты гидрохимического мониторинга поверхностных вод болота Свиного, расположенного в Калининградской области. Дана характеристика содержания в воде газов, основных ионов, органических и биогенных веществ по наблюдениям в 2019 году. Цель проведенной работы – исследовать формирование состава болотных вод в условиях антропогенного преобразования. В настоящее время химический состав поверхностных вод болота Свиного приближен к водам болот переходного и низинного типа, что связано в прошлом с его осушением и добычей торфа.*

Геолого-геоморфологические условия Калининградской области способствуют развитию на ее территории большого количества водных объектов, в том числе распространению болот и заболоченных территорий. Избыточно увлажненные территории и болотные комплексы составляют уникальную основу природного каркаса Калининградской области, формируют живописные ландшафты и облик региона.

Болота и заболоченные территории занимают значительную площадь в Калининградской области (в 50-е годы прошлого века более 6 % площади Калининградского региона занимали болота [1]). К настоящему времени многие из них значительно преобразованы в результате разработок торфа и мелиоративных работ для нужд сельского хозяйства. Несмотря на это, на территории Калининградской области имеются уникальные экосистемы болот, сохранившиеся в естественном виде и не практически не затронутые антропогенной деятельностью.

Болото Свиное (нем. Швентлунд) расположено в основании Куршской косы в 3 км на северо-восток от г. Зеленоградска. Современная площадь болотного массива оценена в 50 га (открытый участок сфагнового болота) [2-3]. По одному из предположений болото образовалось в результате заноса песчаным материалом пролива, существовавшего между Балтийским морем и Куршским заливом [2]. Болото Свиное – это верховое сфагновое болото прибрежных низменностей.

В настоящее время болото существенно преобразовано деятельностью человека – местами осушено, изменено разработкой торфа и находится в стадии зарастания. Несмотря на это, экосистема болота является живописным туристическим маршрутом, относится к ключевым достопримечательностям Зеленоградского района и Куршской косы.

Болото Свиное с площадью месторождений торфа около 1000 га включено в «Список болот, охраняемых и намеченных для охраны болот по международной программе «TELMA» [4].

Одна из функций болот – гидрологическая, болото оказывает влияние на формирование гидрохимических особенностей водных объектов, имеющих с ним гидравлическую связь, в том числе способствует очищению водных объектов от загрязнений. В связи с этим, гидрохимическая специфика болотных вод в условиях антропогенной трансформации вызывает значительный интерес.

Для характеристики гидрохимических особенностей болот нами начаты исследования поверхностных вод болота Свиного. Гидрологические наблюдения проводятся ежемесячно на стандартных станциях (рис. 1).



Рис. 1. Станции отбора проб воды в болотном массиве Свиное

Станции 1 и 2 расположены на северо-западных окраинах болотного массива, покрытых лесной растительностью, и приурочены к озеровидным котловинам антропогенного происхождения. Станция 3 находится в центральной необлесенной части болота, здесь проложен мелиоративный канал с относительно заросшим вереском и мхами руслом со слабым течением.

При полевых исследованиях проводятся стандартные гидрологические работы, согласно рекомендациям, изложенным в [5]. Пробы на гидрохимический анализ отбираются в пластиковые емкости из поверхностного горизонта (0,1-0,2 м). Химический анализ отобранных проб проводится в гидрохимической лаборатории КГТУ по общепринятым методикам [5] в течение суток после отбора. Общая минерализация определяется арифметическим методом, концентрация натрия и калия – расчетным методом, в соответствии с [6].

Для характеристики минерализации и определения класса, группы, типа вод, а также количества органических веществ (по величине перманганатной окисляемости) приняты градации по классификации Алекина О.А. [7].

Проведенные в 2019 году исследования показали следующее (таблица 1). Водородный показатель поверхностных болотных вод изменялся от 4,5-6,0 до 7,0. Минимальная величина рН во все месяцы отмечена в водах мелиоративного канала (ст. 3), расположенного в центральной части болотного массива.

Кислородные условия неблагоприятные, что естественно для болотных вод. Максимальное содержание кислорода отмечено в холодный период – при пониженной температуре воды растворимость кислорода выше. Минимальные концентрации кислорода зафиксированы в летний период – когда с ростом температуры воды, растворимость кислорода падает (рис. 2). Наиболее неблагоприятные кислородные условия складывались в мелиоративном канале (ст. 3).

Полученные значения перманганатной окисляемости (по классификации О.А. Алекина окисляемость соответствует классу «очень высокая») типичны для верховых болот (рис. 3). Процессы разложения органического вещества в болотах идут достаточно медленно из-за более низких температур, малого содержания кислорода и ряда других факторов. Содержание органических веществ мало изменяется в течение года на исследованных станциях. Нами отмечено, что количество органических веществ увеличивается в периоды интенсивных осадков (май, июль, сентябрь, октябрь) и несколько по-

нижается в сухие периоды, когда, вероятно, уменьшается поступление органических веществ с поверхностным стоком с водосбора и, вероятно, более выражены процессы минерализации.

Таблица 1

**Качественный состав поверхностных вод болота Свиное за период исследований с марта 2019 по февраль 2020 г.**

Параметр	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3
pH	6,27	6,27	5,88
Кислород, мг/дм <sup>3</sup>	1,77	3,28	1,21
Кислород, %	17	27	11
Перманганатная окисляемость, мгО/дм <sup>3</sup>	170,7	158,3	136,1
Азот нитритов, мгN/дм <sup>3</sup>	0,156	0,172	0,136
Азот аммонийный, мгN/дм <sup>3</sup>	5,0	4,2	3,4
Фосфор фосфатов, мгP/дм <sup>3</sup>	0,065	0,068	0,109
Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>	2,86	1,65	1,63
Общая жесткость, мг экв./дм <sup>3</sup>	0,743	0,468	0,678
Кальций, мг/дм <sup>3</sup>	5,5	6,5	5,8
Магний, мг/дм <sup>3</sup>	5,7	1,7	4,8
Сумма натрия и калия, мг/дм <sup>3</sup>	57,8	67,1	58,8
Гидрокарбонаты, мг/дм <sup>3</sup>	80,1	106,3	94,2
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	31,9	17,7	28,4
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	49,5	54,8	42,5
Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>	231,2	254,2	234,4

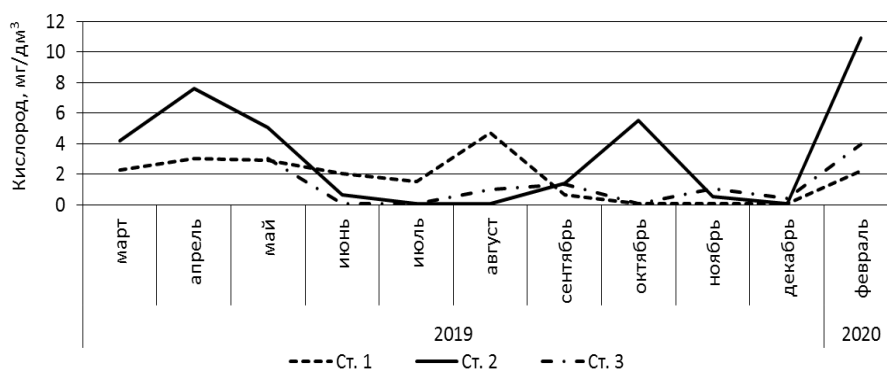


Рис. 2. Кислородные условия в б. Свиное

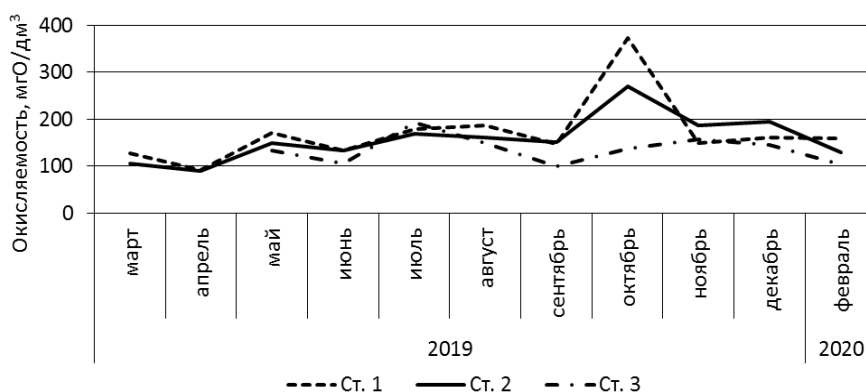


Рис. 3. Содержание органических веществ в б. Свиное

Биогенные вещества обнаруживались всегда в больших количествах (рис. 4, 5). Низкое содержание кислорода обуславливает восстановительную обстановку в болотных водах и способствует преобладанию соединений азота аммонийного и закисной формы железа, что характерно для верховых болот. На содержание фосфатов может оказывать влияние антропогенный фактор.

Так не исключено его дополнительное поступление по сети мелиоративных каналов из гиперэвтрофного Куршского залива при благоприятных ветровых условиях. Концентрации биогенных веществ в исследованный период изменяются неоднозначно, сезонная динамика выражена слабо.

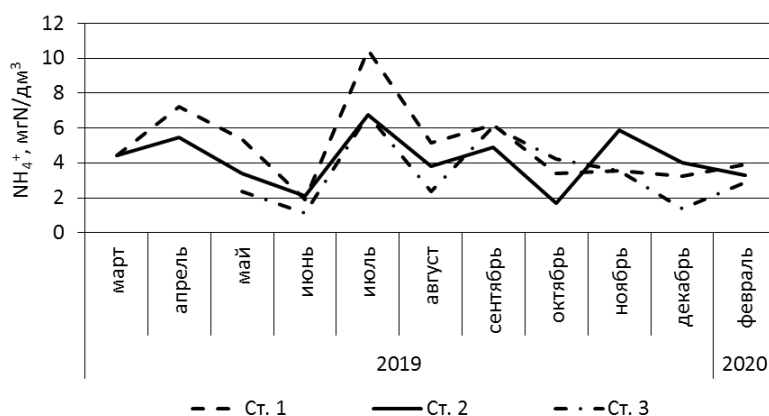


Рис. 4. Содержание азота аммонийного в б. Свиное

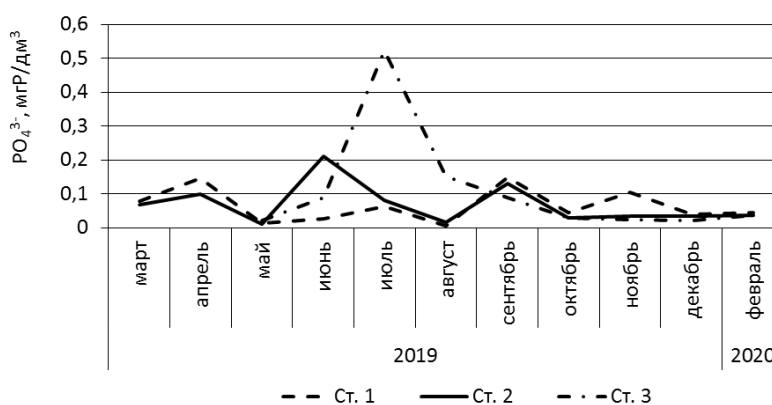


Рис. 5. Содержание фосфора фосфатов в б. Свиное

По величине общей жесткости воды болота относятся к классу «мягкие», что естественно для болотных вод. Воды гидрокарбонатно-натриевые. Среди катионов преобладают натрий и калий (таблица 1). В анионном составе доминируют гидрокарбонаты и сульфаты. Содержание гидрокарбонатов изменялось от 80 до 106 мг/дм<sup>3</sup>, сульфатов – от 43 до 55 мг/дм<sup>3</sup>. Полученные концентрации макрокомпонентов больше соответствуют речным водам и крайне высоки для маломинерализованных верховых болот. Содержание хлоридов менялось от 18 до 32 мг/дм<sup>3</sup>, что соответствует составу вод верховых болот.

Величина общей минерализации, велика для верховых болот, но сопоставима по величине для низинных и переходных болот, что в условиях осушения в прошлом болота Свиного естественно (таблица 1). В исследуемый период минерализация поверхностных вод болота свиного соответствовала классу «средняя».

В работах [8, 9] приводятся комплексные исследования изменения гидрохимического состава болот под воздействием человеческой деятельности. Так при мелиоративных мероприятиях по осушению массивов верховых болот происходит изменение химического состава болотных вод по типу, характерному не для верховых, а для низинных болотных комплексов с достаточно резким увеличением содержания макрокомпонентов [8]. Исходя из этого, отмеченные особенности гидрохимического состава вод болота Свиного вполне согласуются с выводами, приведенными в работах по исследованию антропогенно преобразованных болотных систем.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Химический состав вод болота Свиного своеобразен, но в целом соответствует верховым болотным комплексам. Содержание растворенного кислорода, биогенных и органических веществ

в поверхностных водах болота Свиного соответствуют общим закономерностям формирования химического состава верховых болот.

2. Величина общей минерализации и концентрация основных ионов не характерны для верховых болот, а в большей степени приближены к составу низинных болотных комплексов, что типично для антропогенно преобразованных, рекультивированных болотных систем.

3. Для сохранения экосистемы болота Свиного в условиях повышенного туристического интереса необходимо проводить регулярные комплексные гидрохимические наблюдения для оценки степени антропогенного преобразования и трансформации болотного массива.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Напреенко, М.Г. Болота Калининградской области: их роль в сохранении биоразнообразия и окружающей среды в регионе. / М.Г. Напреенко // Вестник Калининградского государственного университета. – 2000. – С.99-105.

2. Напреенко, М.Г., Верховое болото Свиное – исчезающая экосистема в структуре ландшафтов Куршской косы / М.Г. Напреенко, К. Вольфрам, В.П Дедков // Вестник КГУ. – 2003. – Вып. 1. – С. 18-26.

3. Напреенко, М.Г., Напреенко-Дорохова Т.В. Сукцессии растительности верхового болота Свиного в корневой части Куршской косы / М.Г. Напреенко, Т.В. Напреенко-Дорохова // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2019. – № 1. – С. 28-34.

4. Географический атлас Калининградской области / под ред. В.В. Орленка. – Калининград: КГУ: ЦНИТ, 2002. – 276 с.

5. Гидрология. Лабораторный практикум и учебная практика / Т.А. Берникова [и др.]. – М.: Колос, 2008. – 303 с.

6. РД 52.24.514-2009. Методика расчета суммарной молярной (массовой) концентрации ионов натрия и калия, суммарной массовой концентрации ионов в водах. Ростов-на-Дону: Росгидромет, ГУ ГХИ. 2009. 9 с.

7. Алекин, О.А. Основы гидрохимии. / О.А. Алекин. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 443 с.

8. Савичев, О.Г. Химический состав болотных вод на территории Томской области (Западная Сибирь) и их взаимодействие с минеральными и органоминеральными соединениями / О.Г. Савичев // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 314. – № 1. – С. 72-76.

9. Потапова, Т.М. Оценка антропогенных изменений химического состава болотных вод и стока растворенных веществ с территории естественных и мелиорированных верховых болот / Т.М. Потапова, С.Н. Новиков // Вестник СПбГУ. – 2006. – Сер. 7. – Вып. 2. – С. 85-95.

## RESULTS OF HYDROCHEMICAL MONITORING OF THE SWINOE BOG (KALININGRAD REGION)

Borisenko Angella Denisovna, laboratory assistant

Tsvetkova Nadezhda Nikolayevna, PhD

Laskina Dar'ya Nikolayevna, student

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",

Kaliningrad, Russia, e-mail: drlaskina@gmail.com; nagornova@klgtu.ru;

anzhella.borisenko@klgtu.ru

*The article presents the results of hydrochemical monitoring of the surface waters of the Swinoe bog located in the Kaliningrad region. The characteristics of the content of gases, basic ions, organic and biogenic substances in water according to observations in 2019 are given. The purpose of this work is to study the formation of the composition of bog waters under conditions of anthropogenic transformation. At present, the chemical composition of the surface waters of the Swinogo bog is close to the waters of transitional and lowland bogs, which is associated in the past with its drainage and peat extraction.*



## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ Р. ЕРУСЛАН ПО ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИМ И ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Головатюк Лариса Владимировна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник  
Михайлов Роман Анатольевич, канд. биол. наук, научный сотрудник  
лаборатории популяционной экологии  
Попченко Тимур Викторович, младший научный сотрудник лаборатории экологии малых рек

Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Институт экологии  
Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, Россия, e-mail: gollarisa@mail.ru

*Дана оценка экологического состояния равнинной р. Еруслан (приток Волгоградского водохранилища) на основе расчета интегрального индекса экологического состояния водных экосистем (ИИЭС). На большинстве обследованных станций состояние реки характеризуется «зоной экологического кризиса», что обусловлено влиянием как природных, так и антропогенных факторов.*

Актуальность исследования отдельных компонентов природных комплексов засушливых территорий объясняется необходимостью сохранения стабильной экологической обстановки в этих регионах [1]. Водные объекты, расположенные в аридных областях, являются одной из главных составляющих их ресурсного потенциала. В частности, большое экосистемное значение имеют реки, во многом определяющие экологические характеристики наземных территорий.

В современных условиях развития промышленного и сельскохозяйственного производства важную роль играет наблюдение за состоянием водных объектов. С целью оценки качества воды используют химические, бактериологические и биологические методы, среди которых в практике экологического контроля к числу наиболее востребованных относятся способы индикации, основанные на изучении структурных характеристик сообществ макрозообентоса [2, 3, 4, 5]. Кроме того, изучение состояния водных экосистем, наряду с указанными методами, может осуществляться с использованием интегральных критериев, при расчете которых применяются как биотические индексы, так и показатели химического загрязнения воды. В ряду комплексных индексов важное место занимает интегральный индекс экологического состояния (ИИЭС), учитывающий химическую и биологическую составляющие качества воды [3].

Среди речных экосистем засушливых территорий РФ в левобережье р. Волги, в пределах полупустынной области Русской равнины, большое значение имеет равнинная р. Еруслан, длительное время используемая в хозяйственных целях. Несмотря на то, что первые наблюдения за режимом стока р. Еруслан были организованы в начале XX в. [6], современные сведения об экологическом состоянии водотока немногочисленны.

Цель работы: дать оценку экологического состояния р. Еруслан на основе изучения гидробиологических (макрозообентос) и гидрохимических показателей с использованием интегрального индекса экологического состояния экосистемы (ИИЭС).

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Отбор проб.** Отбор проб макрозообентоса выполняли на 9 постоянных станциях р. Еруслан (рис. 1) в июне 2015, 2016 гг. Образцы грунта собирали в рипали штанговым дночерпателем с площадью захвата 1/400 м<sup>2</sup> по 8 повторностей на каждой станции и гидробиологическим скребком (0.2 м x 0.5 м). Грунт промывали через газ с размером ячеек 300-310 мкм и фиксировали 4% раствором формальдегида с последующей камеральной обработкой и определением систематической принадлежности гидробионтов [7]. Всего было собрано и обработано 36 количественных проб макрозообентоса.

Воду для проведения гидрохимического анализа отбирали батометром емкостью 4 л с поверхности (0.5 м) на станциях верхнего, среднего и нижнего участков реки. Станции наблюдений находились, как правило, в районе расположения населенных пунктов. Гидрохимический анализ

отобранных проб был выполнен в аккредитованной гидрохимической лаборатории ООО «Центр мониторинга водной и геологической среды», г. Самара.

Оценку экологического состояния выполняли на основе расчета интегрального индекса экологического состояния экосистемы (ИИЭС) [3].

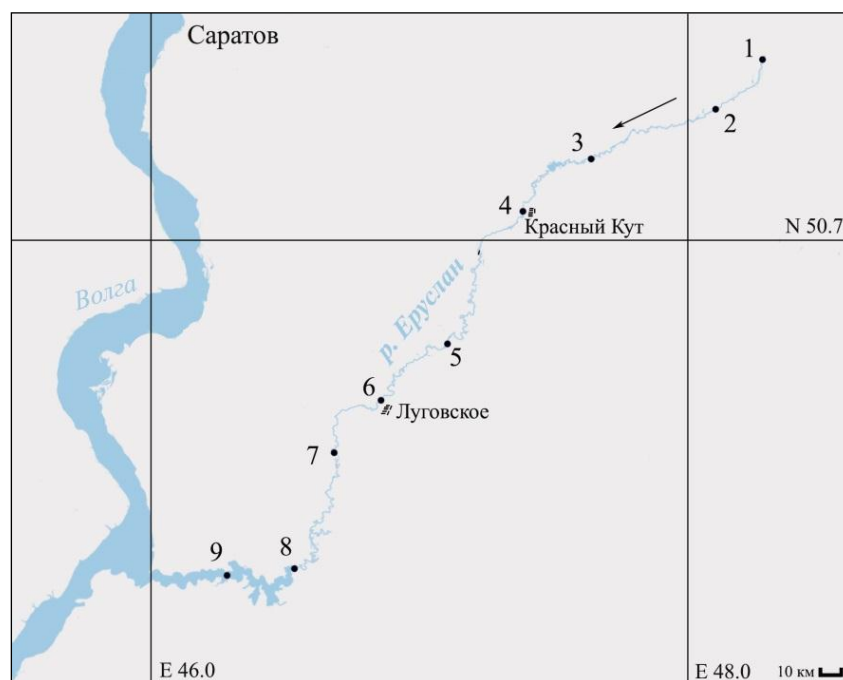


Рис. 1. Карта – схема отбора проб на р. Еруслан

**Характеристика района исследований.** Река Еруслан берет начало на юго-западной окраине Общего Сырта и впадает в Волгоградское водохранилище, образуя Ерусланский залив. Длина реки – 282 км, площадь водосбора – 5.57 тыс. км<sup>2</sup>, высота истока – 104 м, средний уклон – 0.34‰. Бассейн р. Еруслан отличается равнинным характером и прорезан редкой сетью малых речек, долины которых не имеют развитых склонов. Район характеризуется слабым развитием речной сети, густота которой составляет не более 0.1 км/км<sup>2</sup> [8].

Водный режим отличается резкими колебаниями уровня, около 70% годового стока приходится на весеннее половодье. Летняя межень низкая, в это время река приобретает вид отдельных плесов, которые к концу лета сильно мелеют [9].

Климат территории континентальный, с холодной малоснежной зимой и продолжительным жарким сухим летом. Количество выпадающих осадков в среднем составляет 360-370 мм в год. Испаряемость превышает осадки, т.е. регион характеризуется дефицитом водных ресурсов [8].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Гидрохимическая характеристика р. Еруслан.** Диапазон значений измеренных гидрохимических показателей на разных участках р. Еруслан представлен в таблице 1. Следует констатировать, что превышение нормативов (для рыбохозяйственных водоемов) содержания в воде химических ингредиентов наблюдалось на всех участках водотока в отношении общей минерализации, биогенных и органических веществ. Высокий уровень загрязнения азотом нитритным (50 ПДК) был зафиксирован на станции 1, что наряду с внутриводоемными процессами (фотосинтез, поступление из донных отложений в виде продуктов жизнедеятельности и распада отмерших организмов), может быть обусловлено смывом соединений азота с распаханых участков водосборного бассейна.

## Гидрохимические показатели на участках р. Еруслан, использованные для расчета ИИЭС

Показатель (min-max)	Участки реки		
	Верхний (станции 1-3)	Средний (станции 4-7)	Нижний (станции 8-9)
Местоположение	от истока до с. Лебедевка	от с. Лебедевка до с. Верхний Еруслан	от с. Верхний Еруслан до места впадения в Волгоградское вдхр.
Минерализация (мг/л)	235-1250	520-1340	360-1420
Химическое потребление кислорода (ХПК) (мгО/л)	15-16	16	16-18
Фосфаты Р – PO <sub>4</sub> (мг/л)	0.129-0.135	0.48-0.51	0.27-3.36
Азот аммонийный NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (мг/л)	0.047-1.0	0.23-0.25	0.23-0.24
Азот нитратный NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (мг/л)	1.0	1.0	0.48-1.8
Азот нитритный NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (мг/л)	0.007-0.008	0.009	0.009
Основные загрязняющие вещества (кратность превышения **ПДК)	N-NO <sub>2</sub> (50), ХПК (1.1)	ХПК (1.1)	ХПК (1.2), Р – PO <sub>4</sub> (5.6)

**Структурные показатели макрозообентоса и оценка экологического состояния р. Еруслан.** За период исследований в составе донных сообществ прибрежных участков р. Еруслан зарегистрировано 124 вида и таксона более высокого систематического ранга: 46 – Diptera, 18 – Oligochaeta, 13 – Coleoptera, 11 – Grustacea, 7 – Mollusca, 7 – Trichoptera, по 6 видов Hirudinea и Heteroptera, по 4 – Ephemeroptera и Odonata, по одному виду Hydrachnidia и Polychaeta. В разные годы исследований по числу видов преобладали личинки хирономид и олигохеты (рис. 2).

Сообщества макрозообентоса р. Еруслан отличаются развитием лимнофильной фауны, что обусловлено небольшим уклоном реки и наличием постоянных и временных плотин; скорость течения в период исследований не превышала 0.02 м/с. Наибольшая частота встречаемости отмечена для эврибионтных олигохет *Limnodrilus hoffmeisteri* (60%), личинок хирономид *Polypedium nubeculosum* (58%), *Cladotanytarsus mancus* (46%) и *Paratanytarsus sp.* (42%).

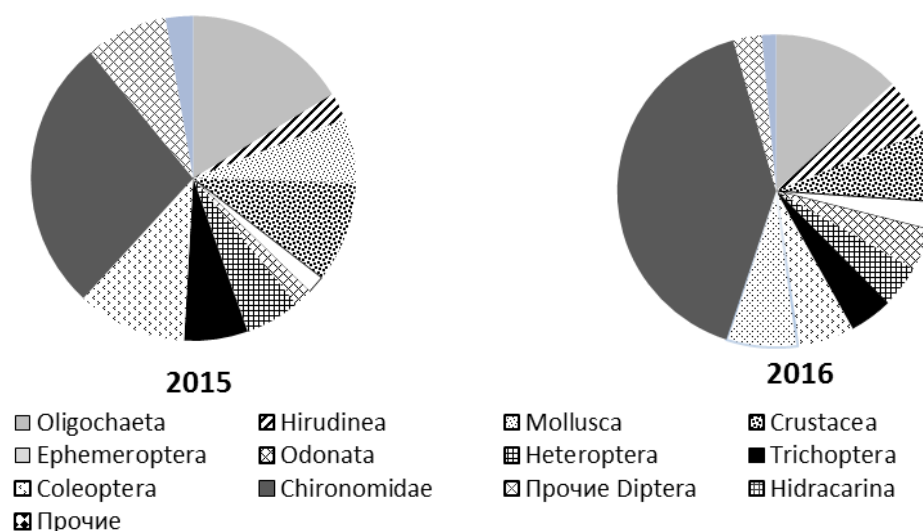


Рис. 2. Соотношение числа видов в таксономических группах макрозообентоса р. Еруслан в 2015, 2016 гг.

Основные структурные показатели макрозообентоса, использованные для расчета ИИЭС, приведены в таблице 2.

В верхнем течении р. Еруслан на обследованных станциях (ст. 1-3) значения индекса ИИЭС изменялись от 2.1 до 3.1 баллов. Минимальные показатели зарегистрированы на станции 1 в усло-

виях загрязнения реки азотом аммонийным, максимальные – на станции 2. Состояние реки на этом участке оценивается как «зона экологического кризиса», за исключением станции 2, где, согласно расчетам, наблюдается «относительное экологическое благополучие».

Таблица 2.

**Структурные показатели макрозообентоса (min-max) р. Еруслан в 2015, 2016 гг.**

№ станции	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>n</i>	<i>H</i>	<i>W</i>	<i>D</i>	<i>ИИЭС</i>	Зона экологического состояния по <i>ИИЭС</i>
1	2170-3020	2.76-3.2	10-13	1.83-1.9	2	0.3-0.42	2.1-2.3	**
2	1840-2250	23.5-32.3	11-31	2.12-2.96	3-8	0.2-0.26	2.8-3.1	** - *
3	1380-1750	2.14-2.55	13-27	2.49-2.77	6-8	0.22-0.29	2.7-2.8	**
4	3680-12750	6.02-11.4	13-41	1.01-2.82	2-9	0.42-0.8	2.3-2.8	**
5	5590-9820	2.74-19.9	19-29	2.17-2.74	7-9	0.23-0.76	2.5-2.7	**
6	2430-7325	1.38-8.87	17-33	1.62-2.53	6-9	0.46-0.82	2.7-2.8	**
7	1850-2800	0.54-1.25	9-15	1.55-1.85	2	0.51-0.61	2.1-2.2	**
8	800-950	0.76-1.22	7-8	1.66-1.68	2	0.13-0.42	2.1-2.2	**
9	5270-6738	9.5-19.0	9-30	1.11-2.19	3-6	0.15-0.01	2.3-3.3	** - *

Примечание: *N* – численность, экз./м<sup>2</sup>, *B* – биомасса, г/м<sup>2</sup>, *n* – число видов, *H* – индекс видового разнообразия Шеннона, *W* – Биотический индекс Вудивисса, *D* – индекс Пареле, *ИИЭС* – интегральный индекс состояния экосистемы; \* - зона относительного экологического благополучия; \*\* - зона экологического кризиса по *ИИЭС*.

В среднем течении диапазон значений индекса составил 2.1-2.8 балла, что позволяет отнести этот участок к «зоне экологического кризиса». *Нижний участок* в районе смешения речных и водохранилищных вод характеризуется как «зона относительного экологического благополучия», тогда как остальные станции можно отнести к категории: «зона экологического кризиса».

Таким образом, согласно экологическому районированию, выполненному на основе расчета индекса *ИИЭС*, состояние реки на большинстве станций р. Еруслан квалифицируется как «зона экологического кризиса». Выделяются наиболее неблагоприятные места в верхнем (станция 2), среднем (станция 7) и нижнем (станция 8) участках. Такое состояние обусловлено рядом причин, одной из которых является расположение реки в пределах провинции континентального засоления; для водотоков этого региона характерна высокая минерализация, что связано с засушливостью климата и засоленностью почв [10]. Что касается биогенных веществ, то наряду с внутриводоемными процессами, они могут поступать в избыточных количествах с распаханых склонов водосборного бассейна, а дополнительное воздействие на состояние реки оказывают бытовые сточные воды населенных пунктов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-04-03341, а также в рамках государственного задания ФГБУН Институт экологии Волжского бассейна РАН, тема (проект) № АААА-А17-117112040040-3 «Оценка современного биоразнообразия и прогноз его изменения для экосистем Волжского бассейна в условиях их природной и антропогенной трансформации» (направление 51 «Экология организмов и сообществ»).

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Нестеренко Ю.М. Водная компонента аридных зон: экологическое и хозяйственное значение. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2006 – 286 с.
2. Баканов А.И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов // Биология внутренних вод. – 2000. – № 1. – С. 68-83.
3. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: Изд-во Самарского НЦ РАН. – 2003. – 463 с.

4. Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Головатюк Л. В. Оценка экологического состояния пресноводных водоемов по зообентосу методом построения обобщенного портрета // Биология внутренних вод. – 2004. – № 1. – С. 67-74.
5. Левич А.П., Булгаков Н.Г., Максимов В.Н. Теоретические и методические основы технологии регионального контроля природной среды по данным экологического мониторинга. – М.: НИИ-Природа. – 2004. – 273 с.
6. Справочник по водным ресурсам СССР. Т. V: Нижнее Поволжье. – Л.: Гос. гидрол. ин-т и Центр. бюро водного кадастра. – 1934. – 681 с.
7. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.
8. Научно-прикладной справочник: Основные гидрологические характеристики рек бассейна Нижней Волги. – Ливны: Мухаметов. – 2015. – 129 с.
9. Энциклопедия Волгоградской области / под ред. О. В. Иншакова и др. – Волгоград: Издатель. – 2007. – 446 с.
10. Булатов Р.В. Формирование малых рек // Вода России. Малые реки / под ред. А.М. Черняева. – Екатеринбург: АКВА-ПРЕСС. – 2001. – С. 60–99.

## **ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE YERUSLAN RIVER USING HYDROBIOLOGICAL AND HYDROCHEMICAL INDICATORS**

Golovatyuk Larisa Vladimirovna, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher of laboratory of ecology of small rivers

Mikhailov Roman Anatolievich, Cand. Sci. (Biol.), Researcher of laboratory of population ecology

Popchenko Timur Victorovich, Junior researcher of laboratory of ecology of small rivers

Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,  
Institute of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences,  
Tolyatti, Russia, e-mail: gollarisa@mail.ru

*An assessment of the ecological state of the plain Yeruslan River (a tributary of the Volgograd reservoir) is given based on the calculation of the integrated index of the ecological state of ecosystems (IIES). At most of the surveyed stations, the state of the river is characterized by an "ecological crisis zone", which is due to the influence of natural and anthropogenic factors.*

## ВЫНОС БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ РЕКОЙ МЕДВЕЖЬЕЙ

Ласкина Дарья Николаевна, студент кафедры ихтиологии и экологии  
Цветкова Надежда Николаевна, канд. географ. наук, доцент кафедры ихтиологии  
и экологии  
Борисенко Анжелла Денисовна, лаборант кафедры ихтиологии и экологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: drlaskina@gmail.com; nagornova@klgtu.ru;  
anzhella.borisenko@klgtu.ru

*В работе представлены результаты мониторинга гидрохимического состава вод малой реки Медвежьей, дренирующей северную часть Самбийского полуострова в Калининградской области. Дана характеристика качества воды, рассчитан вынос минеральных форм азота и фосфора со стоком реки в Балтийское море в 2019 г. Показано сравнение полученных результатов с исследованиями, проведенными в 2010 году. Отмечено, что мониторинг малых водотоков Самбийского блока – актуальная задача при объективной оценке биогенного стока в Балтийское море с территории Калининградской области.*

Вопросам оценки поступления биогенных и органических веществ с речным стоком в Балтийское море и его заливы в настоящее время уделяется большое внимание [1-4]. Одной из важнейших экологических проблем Балтийского моря является его эвтрофирование, способствующее несбалансированному функционированию экосистемы и её полной трансформации. Эвтрофированию моря способствует избыточное поступление с водосборной территории соединений азота и фосфора.

Значительное количество биогенных веществ поступает в море с речным стоком. Для Калининградской области характерна развитая речная сеть, состоящая более чем из 4,6 тыс. водотоков, суммарной длиной 12,7 тыс. км. Реки области являются реками равнинного типа, смешанного питания и принадлежат к бассейну Балтийского моря. Большинство рек относится к «малым», длиной от 10 до 50 км [5, 6].

Малые реки Калининградской области имеют большое хозяйственное, в т. ч. рыбохозяйственное, значение. Кроме того, они вносят определенный вклад в загрязнение Балтийского моря и, особенно, его заливов. Вместе с тем, существует ряд проблем их мониторинга [7], что осложняет оценку их вклада в поступление биогенных веществ в море. В этой связи важны любые сведения о малых реках. Необходимо максимально использовать любую имеющуюся информацию, включая кратковременные наблюдения.

Бассейны малых рек, несущих свои воды непосредственно в Балтийское море с территории Калининградской области, расположены на Самбийском полуострове. Водотоки текут в северном направлении, дренируют холмисто-моренные ландшафты. Большинство рек относятся к первой рыбохозяйственной категории. Малые реки Самбийского полуострова имеют особое значение для нереста лососевых рыб [8].

С целью оценки выноса биогенных веществ со стоком малых рек нами проводятся наблюдения на некоторых реках Самбийского полуострова. Для исследования была выбрана малая река Медвежья (длина ее 10,0 км, площадь бассейна – 42 км<sup>2</sup>), так как она является типичным представителем малых речных систем на территории Калининградской области, впадает в Балтийское море, оказывая не него определенную нагрузку в результате выноса биогенных веществ.

Гидрологические работы на реке Медвежьей проводятся ежемесячно. В качестве приустьевых створа выбран створ, расположенный у железнодорожного моста до впадения реки в трубу перед авантюной в 200 м от устья (рис. 1), так как на состав вод, отобранных ниже по течению, большое влияние оказывает море вследствие незначительного подпора и нагонных явлений. За-

мыкающий створ интегрирует условия речной системы в целом и позволяет контролировать объем выносимых с речным стоком загрязнений.

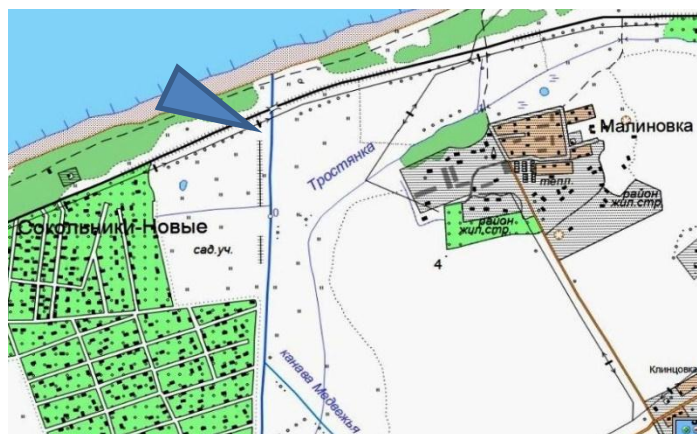


Рис. 1. Положение замыкающего створа на р. Медвежьей

При полевых исследованиях нами проводятся гидрометрические и гидрологические работы; описываются условия в местах отбора проб, согласно рекомендациям, изложенным в [9]. Температура воды определяется поверхностным рудниковым термометром, рН – индикаторными полосками. Скорость течения фиксируется при помощи поплавков. Переход от фиктивного расхода к истинному производится с учетом рекомендаций, представленных в [10].

Пробы воды для гидрохимического анализа отбираются в стрежне или на расстоянии около 2-х м от берега в пластиковые бутылки. Анализ отобранных проб, осуществляется в гидрохимической лаборатории КГТУ по общепринятым методикам [9, 11]. Гидрохимический анализ проб производится в течение суток после отбора.

Для характеристики минерализации и определения класса, группы, типа вод, а также количества органических веществ приняты градации по классификации Алекина О.А. [12].

Вынос соединений азота и фосфора рекой Медвежьей за весь период исследований (с 01.03.2019 г. по 20.12.2019 г.), позволяющий оценить биогенную нагрузку на Балтийское море, рассчитан в соответствии с рекомендациями [13] по формуле:

$$L = \sum_{i=1}^n C_{ai} W_{ai} \cdot 10^{-6}, \text{ т}$$

где  $L$  – нагрузка от реки за расчетный период, т

$C_{ai}$  - среднеарифметическая концентрация вещества в двух последовательных пробах, г/м<sup>3</sup>;

$W_{ai}$  - объем стока за период между отбором двух последовательных проб, м<sup>3</sup>;

$n$  – количество измерений.

Результаты исследований, проведенные в 2019 г. показали следующее (рис.2-4, табл. 1).

Водность реки Медвежьей определялась особенностью погодных условий. Так мягкая зима с отсутствием устойчивого снежного покрова в 2019 году не создала достаточных запасов поверхностных вод, обеспечивающих питание реки в весенний период. Теплый февраль с количеством осадков ниже нормы не способствовал формированию большой водности. Так в апреле отмечена минимальная водность реки за весь исследованный период. Лето было теплым с количеством осадков близким к норме. Летняя межень, прерываемая дождевыми паводками, обеспечила некоторый рост расходов воды в реке. Август по данным [14] был самым сухим месяцем, что отразилось на уменьшении водности реки. Осень – аномально теплая и дождливая. Интенсивные осадки в сентябре и октябре вызвали рост расходов воды в реке выше периода половодья. Из-за аномально теплой и дождливой зимы ледостава на реке не образовалось. Зимняя межень – не выражена. Таким образом, расход воды в исследуемый период изменялся в широком диапазоне – от 0,03-0,2 м<sup>3</sup>/с весной и летом до 0,3-0,5 в периоды паводков (рис. 2). Расходы летней и зимней межени превысили расходы весеннего половодья.

Вода в реке Медвежьей в исследуемом створе повышенной минерализации, гидрокарбонатно-кальциевая первого, реже второго типа, умеренно-жесткая.

Кислородные условия в реке достаточно благоприятные, хотя нельзя не отметить общий сниженный кислородный фон – относительное содержание  $O_2$  в воде изменялось от 50 до 90 %. рН воды сдвинут в щелочную сторону.

Содержание легкоокисляемых органических веществ, оцениваемых по величине перманганатной окисляемости, в целом, увеличивается с апреля по август, когда наблюдается интенсивный фотосинтез, и уменьшается в осенне-зимний период, когда более развиты процессы минерализации. Величина перманганатной окисляемости изменяется от «малой» (в марте-апреле) до «повышенной» (в мае-августе). С сентября по декабрь величина перманганатной окисляемости соответствует «среднему» содержанию органических веществ (рис. 3).

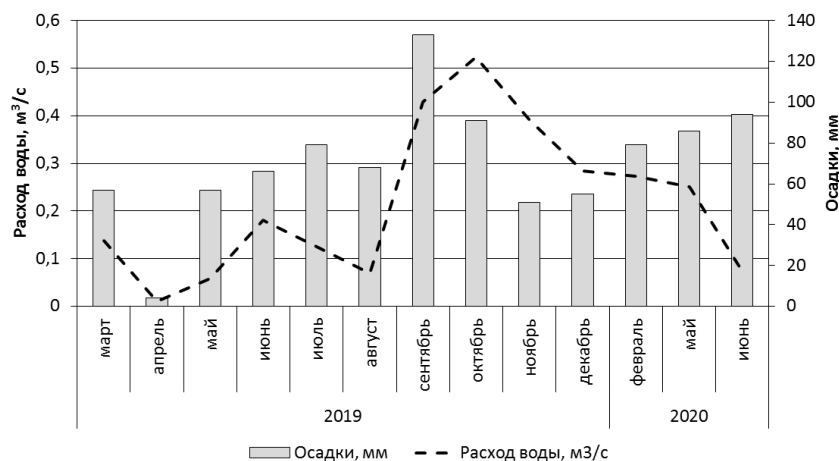


Рис. 2. Расход воды в р. Медвежьей в устьевом створе

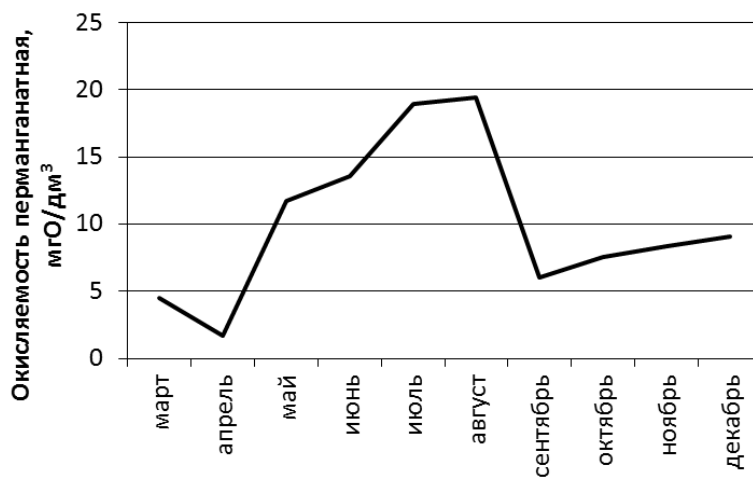


Рис. 3. Перманганатная окисляемость воды в замыкающем створе р. Медвежьей в 2019 г.

Содержание биогенных веществ (рис. 4) в приустьевом створе р. Медвежьей определяется естественными сезонными процессами их поступления и потребления фитопланктоном, а также влиянием антропогенного фактора. Так вполне возможно поступление дополнительных загрязнений со стоками от п. Сокольники, расположенного выше исследуемого створа. В отдельные периоды содержание азота аммонийного и нитритного в реке превышают действующие рыбохозяйственные нормативы до двух и более раз.



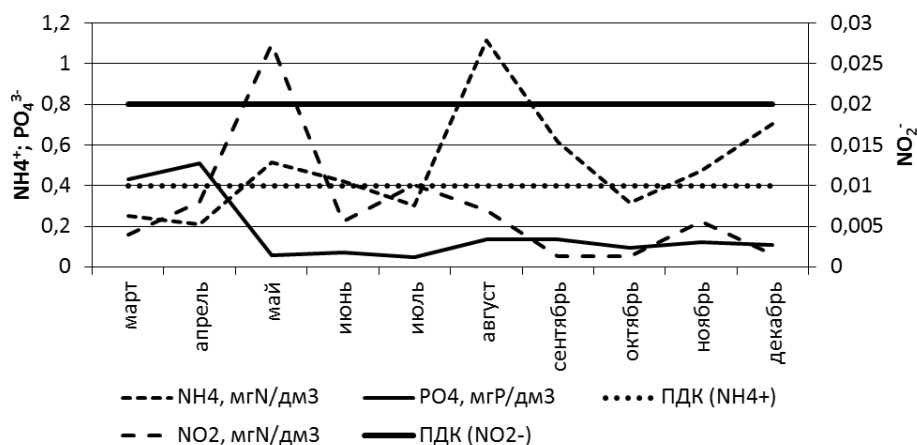


Рис. 4. Содержание биогенных веществ в замыкающем створе р. Медвежьей в 2019 г.

Расчет выноса биогенных веществ рекой Медвежьей в море (таблица 1) показал следующее. Больше всего со стоком реки в море поступает азота аммонийного (78 % от общего рассчитанного выноса соединений азота и фосфора). На долю фосфора фосфатов приходится 21 %, а азот нитритов в общем выносе составляет не более 1%.

Таблица 1

#### Вынос биогенных веществ р. Медвежьей в Балтийское море

№ п/п	Год	Азот аммонийный, т	Азот нитритный, т	Фосфор фосфатов, т	Среднегодовой расход воды, м <sup>3</sup> /с
1	2010	4,68	1,03	1,95	0,158
2	2019	2,70	0,02	0,74	0,197

Сравнение результатов с данными, полученными ранее при комплексном исследовании малых рек в 2010 г. [15] позволяет заключить, что по сравнению с 2010 годом вынос биогенных веществ со стоком реки Медвежьей уменьшился почти в 2 раза для азота аммонийного, в 3 раза – для фосфора фосфатов и в 50 раз для азота нитритного.

Ранее было показано, что нагрузка от реки, находится в прямой зависимости от среднего расхода воды [3-5] и изменяется пропорционально водности. Полученные в 2019 году данные позволили дополнить и уточнить сделанные ранее выводы.

Сезонные особенности, определяющие динамику изменения концентрации биогенных веществ в воде, на фоне антропогенного загрязнения также определяют объем выноса соединений азота и фосфора. Кроме того, исключительную роль в формировании биогенного стока в море играет свойственная малым рекам короткопериодная изменчивость. Как известно, бассейны малых рек находятся под большим влиянием местных факторов [16]. В 2010 году гидрохимические особенности реки Медвежьей в замыкающем створе определялись уровнем загрязнений, поступающих от выше лежащих населенных пунктов, а также слабой проточностью реки. Так исследуемый створ ниже п. Сокольники представлял собой сточную канаву с подтопленными берегами. Вода в реке была мутного цвета, с характерным канализационным запахом, дно покрыто черным илом, а относительное содержание кислорода не превышало 10 %. При этом течение воды в реке было слабым, а в летние месяцы отмечались застойные явления.

В 2018 году по данным [17] была произведена очистка устьевой части реки Медвежьей и дюкера под авантюной. Эти мероприятия увеличили проточность реки, способствовали большей аэрации речных вод и увеличению самоочищающей способности водотока. Кроме того, уменьшился риск подтопления близ лежащих территорий и формирования застойных явлений с накоплением биогенных веществ. Проведенные гидротехнические мероприятия обеспечили значительное снижение концентраций биогенных веществ в воде и существенно улучшили экологическую ситуацию в устьевой части реки Медвежьей. Это повлияло на уменьшение выноса биогенных веществ в море. Наши исследования были проведены в течение следующего года после расчистки реки, поэтому вынос биогенных веществ в сравнении с предыдущими исследованиями значительно сократился.

Таким образом, проведенные исследования реки Медвежьей позволяют заключить следующее.

1. Вынос биогенных веществ малыми реками зависит не только от водности реки, но и от влияния комплекса природных и антропогенных факторов в бассейне и может из года в год значительно изменяться.

2. Для объективной оценки биогенного стока в Балтийское море с территории Калининградской области необходимо вести комплексные гидролого-экологические наблюдения в замыкающих створах малых рек.

3. Для уменьшения поступления соединений азота и фосфора в Балтийское море целесообразно проведение своевременной расчистки устьевых участков, так как эта мера способствует уменьшению степени загрязнения, заиления, образования застойных явлений и деградации реки, а также, безусловно, способствует более активному заходу лососевых рыб на нерест.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берникова, Т.А. Вклад малых рек в загрязнение прибрежной зоны Балтийского моря / Т.А. Берникова, М.Н. Шибаева, М.Н., Андриенко, В.А. Шкицкий // XXI Междунар. науч. конф. (7-10 сент.): материалы. – Калининград, 2004. – С. 208-209.
2. Берникова, Т.А. Изучение нагрузки на Балтийское море, Вислинский (Калининградский) и Куршский заливы от малых рек Калининградской области / Т.А. Берникова, М.Н. Андриенко, М.В. Шибаева, В.А. Шкицкий // История океанографии: VII Междунар. конгресс по истории океанографии (8-12 сент.): материалы: в 2 ч. – Калининград: КГУ, 2004. – Ч. 2. – С. 396-401.
3. Берникова, Т.А. Малые реки Калининградской области: проблемы и возможные пути их решения / Т.А. Берникова, Н.А. Цупикова // Комплексное изучение бассейна Атлантического океана: сб. науч. трудов / под ред. В.В. Орленка. – Калининград: РГУ им. И. Канта, 2006. – С. 50-57.
4. Горбунова, Ю.А. Поступление биогенных веществ с водосборного бассейна реки Преголи в Вислинский залив / О.В. Горбунова // Вестник РГУ им. И. Канта. – 2010. – № 1. – С. 87-93.
5. Географический атлас Калининградской области / под ред. В.В. Орленка. – Калининград: КГУ: ЦНИТ, 2002. – 276 с.
6. Государственный доклад «Об экологической обстановке в Калининградской области в 2017 году». // Электрон. дан. Режим доступа URL:[https:// http://www.ecatk.ru/download/gosdoklad\\_2017.pdf](https://http://www.ecatk.ru/download/gosdoklad_2017.pdf) (дата обращения 06.11.2019 г.).
7. Берникова Т.А., Цупикова Н.А., Шибаева М.Н. Проблемы мониторинга малых рек на примере Калининградской области // Материалы международной научно-практической конференция «Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем». Ч. 2 - М: МГУП, - С. 31-37.
8. Новожилов О.А. Эколого-биологическая характеристика, охрана и пути восстановления численности кумжи (*salmo trutta l.*) в водоемах Калининградской области / автореф. на соискание степени канд. биол. наук, Калининград, 2006. – 23 с.
9. Гидрология. Лабораторный практикум и учебная практика / Т.А. Берникова [и др.]. – М.: Колос, 2008. – 303 с.
10. Методические рекомендации по измерению расходов воды рек аэрометодами. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 134 с.
11. Привезенцев, Ю.А. Гидрохимия пресных водоемов (практическое пособие для рыбоводов). / Ю.А. Привезенцев. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 118 с.
12. Алекин, О.А. Основы гидрохимии. / О.А. Алекин. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 443 с.
13. Сборник рекомендаций Хельсинской комиссии. Справочно-методическое пособие. Спб., 2008. – 331 с.
14. Погода в Калининграде. Монитор погоды в Калининграде. // Электрон. дан. Режим доступа URL:<http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=26702> (дата обращения 20.09.2020).
15. Нагорнова, Н.Н. Геоэкологическая оценка состояния малых водотоков Калининградской области: автореф. дис. ... канд. географ. наук: 25.00.36 / Нагорнова Надежда Николаевна. – Калининград, 2012. – 21 с.
16. Нагорнова, Н.Н. Некоторые факторы формирования короткопериодной изменчивости состояния малых аквальных экосистем (на примере Калининградской области) / Н.Н. Нагорнова, Т.А. Берникова // Вестник Российского университета дружбы народов. – 2010. – № 1. – С. 30-38.

17. Дюкер и устье реки Медвежья очищены - угроза подтопления территорий устранена // Электрон. дан. Режим доступа URL: [https://www.zelenogradsk.com/events/news/?ELEMENT\\_ID=14841](https://www.zelenogradsk.com/events/news/?ELEMENT_ID=14841) (дата обращения 20.09.2020).

## **CARRIAGE OF BIOGENIC SUBSTANCES INTO THE BALTIC SEA BY THE MEDVEZHYA RIVER**

Laskina Dar'ya Nikolayevna, student  
Tsvetkova Nadezhda Nikolayevna, PhD  
Borisenko Angella Denisovna, laboratory assistant

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",  
Kaliningrad, Russia, e-mail: [drlaskina@gmail.com](mailto:drlaskina@gmail.com); [nagornova@klgtu.ru](mailto:nagornova@klgtu.ru);  
[anzhella.borisenko@klgtu.ru](mailto:anzhella.borisenko@klgtu.ru)

*The article presents the results of monitoring the hydrochemical composition of the waters of the small Medvezhyya River, which drains the northern part of the Sambia Peninsula in the Kaliningrad region. The characteristic of water quality is given, the removal of mineral forms of nitrogen and phosphorus with the river runoff into the Baltic Sea in 2019 is calculated. It is shown that, in spite of the hydro-metric parameters of the river, it has a certain biogenic load on the Baltic Sea. In this regard, the monitoring of small watercourses in the Sambia block is an urgent task for an objective assessment of biogenic runoff into the Baltic Sea from the territory of the Kaliningrad region.*

УДК 574.632

## **ОТРАЖЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СРЕДЫ НА МИКРОЭЛЕМЕНТНОМ СОСТАВЕ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ**

<sup>1</sup>Литвиненко Анна Владимировна, канд. биол. наук, доцент

<sup>2</sup>Христофорова Надежда Константиновна, д-р биол. наук, профессор

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «СахГУ», Южно-Сахалинск, Россия, e-mail: [litvinenko.av@bk.ru](mailto:litvinenko.av@bk.ru)

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «ДВФУ», Владивосток, Россия, e-mail: [more301040@gmail.com](mailto:more301040@gmail.com)

<sup>2</sup>ФГБНУ «ТИГ» ДВО РАН, Владивосток, Россия

*Определены концентрации микроэлементов Cu, Pb, Cd, Ni, Zn и Fe в симе из реки Бахура на юго-восточном побережье Сахалина в июне 2017 г. и кете из рек Фирсовка (юго-восток Сахалина), Рейдовая (о. Итуруп) (октябрь 2018 г.) и Пойма (юго-запад Приморья, Японское море) (октябрь 2019 г.), собранной в садках рыбоводных заводов (ЛРЗ). Установлено, что по содержанию элементов, два из которых (Pb и Cd) относятся к токсичным, оба вида тихоокеанских лососей отвечают санитарным требованиям РФ, предъявляемым к морепродуктам. Во всех органах и тканях симы и япономорской кеты заметно преобладают концентрации Zn, Cu, Ni и Fe, в органах и тканях охотоморской кеты – Cd и Pb. Причиной, очевидно, являются геохимические условия среды, формируемые в замкнутом Японском море под влиянием антропогенных и терригенных факторов, в Сахалино-Курильском бассейне – под влиянием природных факторов – вулканизма и апвеллингов.*

### **Введение**

Наша работа посвящена изучению уровней содержания трех эссенциальных (необходимых), или истинных биоэлементов – меди, цинка и железа и трех неэссенциальных, но почти постоянно присутствующих в органах и тканях организмов элементов – никеля, свинца и кадмия – в

наиболее востребованном виде тихоокеанских лососей – кете, выловленной в реках юго-западного Сахалина, острова Итуруп, а также Приморья и наиболее малочисленном и теплолюбивом виде рода - симе из реки Бахура юго-восточного Сахалина.

Помимо своей биологической значимости, эти элементы отличаются геоэкологическими характеристиками. Медь и цинк, если они не поступают в окружающую среду от медно-цинковых производств или мест применения этих металлов, их сплавов и соединений в технике (добыча руд, их обогащение и выплавка, гальванические цеха, антикоррозионные покрытия и др.), являются трассерами антропогенного воздействия на среду. Загрязнение среды никелем происходит, в основном, при сжигании нефти и бензина, при производстве и использовании никеля, при сжигании древесины и отходов [1].

Поступление железа в окружающую среду обусловлено широким использованием разнообразных надводных и подводных стальных конструкций, их ржавлением, речным, терригенным и поверхностным стоком, взмучиванием рыхлых донных отложений в прибрежных водах, а также разложением всех отмирающих гидробионтов, обязательным компонентом которых он является.

Свинец и кадмий, открывавшие в 1960–1970-е гг. все “черные списки” тяжелых металлов в организмах из-за их токсичного действия, являются трассерами техногенного воздействия на окружающую среду [2].

Среди всех видов рода кета (*O. keta*) – наиболее востребованный и многочисленный на продовольственных рынках России и зарубежных стран. Благодаря высоким товарным качествам и отчетливо выраженному хомингу, в настоящее время кета составляет подавляющее количество всех искусственно воспроизводимых лососей не только по азиатскому, но и по американскому побережью Северной Пацифики.

Благодаря работе ЛРЗ, по численности которых в России безусловным лидером является Сахалинская область, в большей степени обусловлены высокие уловы кеты. Ежегодно более 60 заводов Сахалинской области выпускают более 800 млн. шт. молоди лососей, обеспечивая устойчивую работу рыбной промышленности Сахалино-Курильского региона. В 2019 г. здесь было выпущено более 1 млрд. шт. молоди, в том числе 263,2 млн. шт. молоди горбуши и 863,6 млн. шт. молоди кеты [3].

Только в прибрежье острова Итуруп заходит ежегодно более 20 тыс. т лососей, тогда как возвраты дикой рыбы до начала реализации программы рыбоводства на Курилах составляли, в лучшем случае, 500–700 т [4]. Всего в 2018 г. в Сахалино-Курильском регионе, по официальным данным Правительства Сахалинской области, было добыто промыслом 126 тыс. т тихоокеанских лососей, из них 85 тыс. т горбуши и более 40 тыс. т кеты; в менее урожайном 2019 г. количество выловленных лососей в сахалино-курильских водах составило 75,5 тыс. т, из них более 28 тыс. т горбуши и 45,5 тыс. т кеты.

Искусственным воспроизводством кеты кроме Сахалинской области занимаются в Приморском, Хабаровском и Камчатском краях и Магаданской области.

На территории Приморского края в настоящее время действуют несколько рыбоводных заводов по разведению тихоокеанских лососей различной формы собственности, среди них два государственных предприятия: Рязановский экспериментально-производственный завод (ЭПРЗ) и Барабашевский ЛРЗ. Оба завода располагаются в Хасанском районе, функционируют с середины 80-х годов прошлого века и в настоящее время являются структурными подразделениями ФГБУ «Главрыбвод». Основным объектом разведения для заводов является осенняя кета. Базовыми водотоками заводов являются реки Рязановка и Барабашевка. Основное количество икры для закладки получают на реке Рязановка. Сбор икры проводят также на реке Пойма, впадающей в бухту Баклан залива Петра Великого Японского моря (расположенную в Хасанском районе вблизи пос. Славянка).

В свое время оплодотворенную икру на приморские ЛРЗ доставляли не только из Приморского края (Ольгинский район), но и с юго-запада Сахалина, поэтому заводские стада кеты в Хасанском районе имеют смешанное происхождение.

Подходы кеты в районе работы приморских заводов в последние 20 лет стабильны, выпуск молоди ежегодно составляет 25-30 млн. шт. В путину 2019 г. на ЛРЗ Приморского края было собрано и заложено на инкубацию более 39 млн. икринок кеты [5]. В Приморском крае, по мнению В.Г. Марковцева (2006), в зоне действия двух рыбоводных заводов, вылов лососей обеспечен только благодаря их работе.

В пределах своего ареала приморская кета имеет наиболее южное распространение: чтобы попасть в приморские реки, она проходит через южную часть Японского моря [6; 7].

Сима – единственный из рода *Oncorhynchus* исключительно азиатский вид, наиболее тепловодный и сильно уступающий другим видам тихоокеанских лососей по численности и величине ареала. Она представляет большую ценность как объект любительского и спортивного лова, однако совершенно не изучена с биогеохимических позиций.

Сима – эндемик, её ареал полностью расположен у берегов Азии, большая его часть находится в бассейне Японского и южной части Охотского морей (Южные Курильские острова, о-в Сахалин, о-ва Хоккайдо и Хонсю, р. Амур). На северных и средних Курильских островах сима отсутствует. Наиболее многочисленные популяции симы обитают в реках Приморья, Татарского пролива, Сахалина (особенно юго-западного и южного побережий), Хоккайдо, северной части Хонсю, Сахалинского залива (Амур и его притоки), западной Камчатки [8; 9; 10; 11 и др.].

Искусственным воспроизводством симы занимаются некоторые ЛРЗ юга Сахалина, однако количество выпускаемой молоди не сравнимо с выпусками кеты и горбуши; разведение этого вида носит, скорее, экспериментальный характер и практически не влияет на численность вернувшихся производителей.

Смолтификация и скат в море у большей части симы происходит после одного-двух лет жизни в реке. В Японии, южной части Сахалина и на юге Приморья, т.е. на юге ареала, большая часть молоди скатывается в море на втором году, после одной морской зимы взрослая сима возвращается на нерест. Однако в более северных районах (северное Приморье, Амур, юго-западное побережье Камчатки, срединные районы Сахалина и южные Курильские острова) увеличивается число рыб, скатывающихся трехлетками и возрастает количество рыб с двумя морскими годами жизни, что, как полагают, связано с большей суровостью условий. Морская часть ареала симы, как и нагульная, ограничивается приазиатскими водами. Это главным образом морской, а не океанический вид.

Большая часть особей нагуливается в Японском и южной половине Охотского морей, т.е. в водах, сопредельных с местами воспроизводства наиболее многочисленных популяций. Контуры морской части ареала симы в последние годы существенно уточнены. Выявлены также основные закономерности ее количественного распределения в нагульный период [12]. В морскую область распространения симы входит не только вся акватория Японского моря, о чем говорится в прежних сводках, но и большая часть Охотского моря. В небольшом количестве она встречается и в водах североохотоморского шельфа. Летом выделяется еще один район обитания симы – в северо-восточной части моря, где концентрируется молодь из рек западной Камчатки. Осенью эта молодь также смещается в воды южной котловины Охотского моря [6]. Из Охотского моря большая часть симы уходит в течение ноября.

Зимой и во время весенне-летних миграций сима встречается по всей акватории Японского моря, где она интенсивно питается. Как отмечается в сводке В.П. Шунтова и О.С. Темных (2011), основу рациона симы составляют мелкие рыбы (японский анчоус, мойва, песчанка, молодь одноперого терпуга, минтая), а также кальмары и амфиподы. В период нагула в пресной воде молодь симы питается бентосом – личинками и куколками амфибиотических насекомых, а также их имаго [13; 9].

Известно, что лососи Западной Пацифики и азиатского побережья Евразии существуют во множестве стад, принадлежность к которым проявляется в местах зимовок, нагула и нереста. При этом если места зимовок и тем более нерестовые реки четко предопределены, то места нагула, где рыбы ведут себя рассеяно, не четко представлены. Особой зоной нагула многих стад лососей, их анадромных миграций и покатных миграций молоди является Курило-Камчатский регион, который известен как высоко продуктивная компактная акватория [14]. Проходя через этот геохимический импактный район, лососи вместе с пищей (планктоном, взвешенным детритом, мелкой рыбой) аккумулируют в органах и тканях различные химические элементы, существенно обогащая свой минеральный состав [15]. В то же время немалое число стад лососей не выходят на зимовку в океан, а проводят зиму в Японском море, не пересекая в период нагульных и преднерестовых миграций Курильскую гряду и Курило-Камчатскую впадину. Предположительно, сима и часть японской кеты не проходят через импактный регион.

*Цель исследования* – сравнить содержание микроэлементов в кете, пришедшей на нерест в реки Сахалино-Курильского региона и Приморского края, взятой в садках трех лососевых рыбозаводов, один из которых расположен на о. Итуруп, другой – на Сахалине, третий – на юге

Приморья, а также более определенно представить пути миграции и возможный регион основного пребывания (нагула) симы юго-восточного Сахалина. Кроме того, знание уровней содержания микроэлементов в тканях таких важных пищевых объектов, какими являются лососи, необходимо и с санитарно-гигиенических позиций.

### Материал и методы

Материал для исследования собран в период сбора и закладки икры на инкубацию в пунктах сбора икры – на базовых водотоках сахалинских рыбоводных заводов: р. Бахура (ЛРЗ «Бахура», залив Терпения, юго-восточный Сахалин) в июне 2017 г., р. Фирсовка (ЛРЗ «Фирсовка», залив Терпения, юго-восточный Сахалин) и р. Рейдовая (ЛРЗ «Рейдовый», о. Итуруп, Большая Курильская гряда) в октябре 2018 г. и на р. Пойма Хасанского района Приморского края (базовый водоток Рязановского ЭПРЗ) в октябре 2019 г.

Всего для исследования на каждом ЛРЗ отобраны (без выборочно) из садков для выдерживания производителей по пять самцов и по пять самок симы или кеты. От всех особей отдельно взяты пробы мышечной ткани, печени и гонад, пробы заморожены и доставлены во Владивосток для химического анализа.

Все элементы определялись в пробах после их кислотной минерализации, проведенной в лабораторной микроволновой системе MARS 6, согласно ГОСТ 26929-94 [16]. Анализ выполнен на атомно-абсорбционном спектрофотометре Shimadzu AA 6800 в лаборатории геохимии ТИГ ДВО РАН. Точность определения элементного состава, а также возможного загрязнения образцов в процессе анализа контролировали путем сравнения с калибровочными растворами, в том числе с пустым (нулевым) раствором. Точность и прецизионность использованного метода подтверждена регулярным анализом стандартного референтного материала SRM-1566a. Результаты анализа на содержание микроэлементов в органах и тканях рыб представлены в мкг/г сырой массы и показаны в табл. 1. Среднее значение, стандартное отклонение и достоверность сравниваемых различий (с использованием U-критерия Манна–Уитни) рассчитывали в программе SPSS Statistics 21 для MacOSX.

В число определяемых элементов в симе входили Zn, Cu, Ni, Cd, Pb, в кете определяли концентрацию этих же элементов, дополнительно исследовав на содержание Fe.

Время, которое необходимо производителям кеты для достижения половой зрелости, напрямую зависит от эффективности нагула в морской период жизни, особенно в ранний морской период, и для кеты составляет от 2 до 5 лет. По официальным сведениям Сахалинского филиала ВНИРО, кета из реки Рейдовая в большинстве случаев возвращается на нерест в возрасте 3+; по нашим данным, 80% исследованных нами производителей приморской кеты представлены особями в возрасте 5+; возраст кеты из реки Фирсовка определен нами как 3+. Все производители в момент взятия проб находились в 4-5 стадии зрелости половых продуктов, длина тела АС-АД и средняя масса тела лососей представлены в таблице 1.

Таблица 1

#### Морфометрические показатели производителей кеты из рек Фирсовка, Рейдовая и Пойма, 2018-2019 гг.

Дата сбора	Место сбора, пол	Средняя масса тела рыб, г (min-max)	Средняя длина АС, см (min-max)	Средняя длина АД, см (min-max)
Октябрь 2018 г.	р. Рейдовая, ♀	2423 (2232-2774)	67,0 (65-69)	63,0 (61-65)
	р. Рейдовая, ♂	3115 (4834-2154)	71,0 (66-82)	67,0 (62-78)
Октябрь 2018 г.	р. Фирсовка, ♀	2096 (1626-2402)	56,6 (53-59)	53,4 (50-56)
	р. Фирсовка, ♂	3008 (2086-3008)	60,8 (53-60)	56,8 (53-60)
Октябрь 2019 г.	р. Пойма, ♀	3220 (2350-4250)	66,6 (60-71)	61,6 (55-66)
	р. Пойма, ♂	3330 (3000-3800)	68,6 (67-70)	64,6 (63-67)

Средняя масса производителей симы, собранных 20–21 июня 2017 г. в устье р. Бахуры, составляла всего от 633,5 до 804 г. Возраст симы не определяли.

## Результаты и обсуждение

Как свидетельствуют данные таблицы 2, содержание микроэлементов в органах и тканях лососей, вернувшихся на нерест в реки юго-восточного Сахалина, острова Итуруп и юга Приморья существенно различается.

Таблица 2

### Содержание микроэлементов в органах и тканях симы и кеты из рек Приморья, Сахалина и Итурупа

Органы и ткани/элементы	Fe	Zn	Cu	Pb	Ni	Cd
<i>Кета, о. Сахалин, р. Фирсовка (2018), диапазон массы рыб 1626-3008 г</i>						
Мышцы	7,59±2,54	1,66±0,23	0,52±0,15	0,40±0,15	0,29±0,10	0,06±0,02
Печень	<b>60,24±34,63</b>	3,48±1,24	0,54±0,22	<b>1,18±0,36</b>	0,23±0,10	0,66±0,15
Гонады самцов	13,04±6,16	1,74±0,23	0,39±0,12	0,48±0,17	0,19±0,05	0,12±0,03
Икра	15,57±2,4	1,92±0,09	0,33±0,05	0,45±0,14	0,26±0,04	0,04±0,01
<i>Кета, о. Итуруп, р. Рейдовая (2018), диапазон массы рыб 2154-4834 г</i>						
Мышцы	11,43±3,94	1,74±0,29	0,49±0,12	0,45±0,07	0,26±0,11	0,05±0,02
Печень	<b>48,08±19,07</b>	3,35±1,22	0,55±0,315	0,87±0,19	0,31±0,07	0,72±0,3
Гонады самцов	10,42±3,96	2,18±0,23	0,38±0,14	0,64±0,09	0,23±0,05	0,09±0,03
Икра	16,18±4,27	2,60±0,41	0,46±0,01	0,57±0,05	0,20±0,06	0,07±0,00
<i>Кета, Южное Приморье, р. Пойма (2019), диапазон массы рыб 2350-4250 г</i>						
Мышцы	10,53±2,95	5,20±0,65	0,76±0,28	Не опр.	0,48±0,14	Не опред.
Печень	<b>121,90±95,24</b>	<b>33,46±14,83</b>	<b>5,49±3,36</b>	Не опр.	0,51±0,21	Не опред.
Гонады самцов	20,02±10,16	7,17±1,18	0,76±0,28	Не опр.	<b>0,97±0,93</b>	Не опред.
Икра	23,38±5,51	<b>20,67±0,82</b>	<b>5,68±0,40</b>	Не опр.	<b>0,75±0,38</b>	Не опред.
<i>Сима, о. Сахалин, р. Бахура (2017), диапазон массы рыб 633,5-804 г</i>						
Мышцы	Не опред.	5,14±1,28	0,59±0,12	0,48±0,12	0,43±0,05	0,04±0,01
Печень	Не опред.	6,60±1,27	0,54±0,07	0,61±0,07	0,57±0,03	0,07±0,01
Гонады самцов	Не опред.	5,26±0,65	0,53±0,12	0,56±0,09	0,47±0,12	0,04±0,01
Икра	Не опред.	4,55±1,40	0,47±0,08	0,56±0,18	0,42±0,08	0,03±0,00

Примечание: косым шрифтом выделены повышенные величины концентраций для каждого из элементов, полужирным – их наибольшие значения. ПДК (мкг/г сырой массы) в морепродуктах: Pb – 1.0, Cd – 0.2, Zn – 40,0 [17].

Как можно видеть, япономорская кета отличалась более высокими концентрациями всех определенных в ней элементов. Особенно обращает на себя внимание уровень содержания Fe в печени рыб из р. Пойма, что, несомненно, свидетельствует о большей терригенной нагрузке на акваторию Японского моря и его обитателей и о детоксикации избытка элемента печенью. Если в мышцах кеты из любой реки отмечаются примерно равные или близкие значения концентраций, то в печени япономорской кеты железо превалирует более чем в два раза, хотя отличается высокой изменчивостью. Явным преобладанием в приморской кете выделяется Zn, причем величиной его концентрацией заметно отличается не только печень, но и икра самок. И если в икре самок этот малотоксичный элемент достигает лишь половины величины ПДК, то в печени он может даже превышать санитарную норму. Вторым элементом, свидетельствующим об антропогенной нагрузке на среду и организмы, является медь. Её концентрация как в печени, так и в икре самок на порядок величин выше, чем в курильских и сахалинских рыбах. Концентрации Ni во всех органах и тканях япономорской кеты также выше, чем в сахалинской и курильской, при этом, однако, и гонады самцов, и икра самок отличаются как большими содержаниями, так и большой изменчивостью их величин. В целом, отклонение от среднего для концентраций микроэлементов в приморской кете в ряде случаев приближается к самой величине среднего.

Сима, пришедшая на нерест в р. Бахура, также отличается от кеты из р. Фирсовка и Рейдовая заметно большими концентрациями Zn и Ni. При этом концентрация цинка в мышцах симы сопоставима с аналогичным значением у приморской кеты. В гонадах самцов симы содержание этого элемента чуть ниже, чем у приморской кеты, однако более чем в два раза превышает значе-

ния концентрации цинка в гонадах сахалинской и курильской кеты. Печень симы содержит почти в два раза больше Zn, чем печень курильской и сахалинской кеты, однако даже эта концентрация почти в пять раз меньше, чем в печени крупной приморской кеты. Содержание Ni в мышцах и печени симы и приморской кеты практически равнозначно, при этом примерно в 2 раза выше, чем в сахалинской и курильской кете. Гонады самцов и самок симы этого элемента содержат в два раза больше, чем гонады сахалинской и курильской кеты; но эта концентрация в 1,7-2 раза меньше в сравнении с гонадами приморской кеты. При этом во всех исследованных органах и тканях симы концентрация тяжелых металлов - Pb и Cd, предположительно, обусловленных явлением вулканизма и апвеллинга, заметно ниже, чем в сахалинской и курильской кете, несколько раз в своей жизни пересекающей импактную геохимическую зону - Курильские проливы и Курило-Камчатскую впадину.

В целом, значения концентрации микроэлементов в производителях приморской кеты и симы не превышают санитарных норм, предъявляемых к морепродуктам в РФ. По-видимому, такие показатели уровней содержания Zn и Cu являются следствием антропогенного влияния на почти замкнутое Японское море с его водосбором, в котором сима и приморская кета находятся длительное время. Подтверждением этому могут служить также величины концентрации никеля, которые говорят о приуроченности нагула лососей к местам с развитым судоходством и неизбежным никелевым загрязнением среды при сжигании углеводородного топлива [2].

Давно известно, что в пределах одного и того же вида особи больших возрастов или более крупные, весящие намного больше, чем особи меньших возрастов, имеют более высокие концентрации микроэлементов [18; 19 и др.]. Очевидно, большая масса япономорской кеты, чем сахалинской и курильской, обусловила и более высокие концентрации в ней микроэлементов.

Вероятно, это правило применимо и для разных видов рода. Особи симы имеют заметно меньшую массу тела, этим, по-видимому, объясняется в разы меньшая концентрация Zn (в 5 раз) и Cu (в 10 раз) в печени и икре симы, в сравнении с концентрацией этих элементов в печени и икре приморской кеты, при сопоставимых показателях концентрации его в мышцах и гонадах самцов.

После выпуска молодь с ЛРЗ юго-восточной части Сахалина и острова Итуруп Курильской гряды попадает в побережье юго-западной части Охотского моря; молодь кеты с Приморских ЛРЗ скатывается в залив Петра Великого Японского моря.

Еще сравнительно недавно было принято считать, что Японское море не является местом нагула и зимовок кеты. Однако не вся молодь кеты бассейна Японского моря в первый год жизни уходит в Охотское море и Тихий океан [13; 20 и др.]. А.И. Смирнов (1975) указывал, что приморская кета и часть амурской, сахалинской и хоккайдской зимуют и нагуливаются в Японском море к востоку и юго-востоку от Корейского полуострова. В конце 90-х было доказано, что некоторое количество кеты действительно зимует в Японском море [21], по другим представлениям, считается, все сеголетки приморской кеты остаются зимовать в Японском море и только на следующий год частично покидают его [22].

Роль Японского моря как места нагула кеты, особенно в первый морской год ее жизни, наименее известна. В отличие от горбуши и симы, ее не ловили в зимний и зимне-весенний периоды в пределах российской экономической зоны в Японском море [12; 23]. Не упоминается кета и в работах о дрейфтерных лососевых рейсах в центральную и южную часть Японского моря. Фактических данных о конкретных участках и условиях зимовки кеты в Японском море нет.

Однако существуют убеждения, что некоторое количество кеты, обитая бок о бок с горбушей, зимует в Японском море [7]. Об этом свидетельствует их совместная встречаемость в уловах в местах зимовки и на путях анадромных миграций, что подтверждается многолетними исследованиями. Скопления горбуши, а следовательно и кеты, зимой в Японском море распространены от Корейского залива до п-ова Ното, в двух районах зимовки: первый из них располагается в широтном направлении от Корейского залива до о. Хонсю, второй севернее - вдоль берегов о. Хоккайдо. Второй район зимовки характеризуется более низкими температурами и по условиям зимовки сходен с океанским [8]. И.Б. Бирман полагал, рассматривая миграции приморской горбуши в Японском море в зимний период, что в течение зимы горбуша, «...пришедшая с севера в воды Кореи, совершает миграции на восток в район п-ова Ното», где соединяются южная и северная ветви Цусимского течения. В апреле она мигрирует обратно на запад и, достигнув Корейского залива, поднимается на север вдоль берегов Приморья.



Во время северных летних миграций лососей кета встречается в небольших количествах в открытых водах Приморья. Это установлено в большой серии летних траловых съемок ТИПРО [12; 2], а также в дрейфтерных рейсах в мае и июне 1990-х – начала 2000-х гг. [21; 24]. Эти факты дают основание полагать, что небольшая часть кеты в возрасте 3+ и 4+ вообще не уходит на нагул в океан [15]. Миграции кеты всех возрастов, размножающейся в западной части Японского моря, в том числе и на Корейском полуострове, практически не прослежены [6].

Основными же районами нагула кеты в азиатских водах являются западная часть Берингова моря, Охотское море, а также прикамчатские и прикурильские воды СЗТО [6]. Сахалинская и курильская молодь горбуши и кеты, вместе с другими стадами молоди в начале зимы широким фронтом следует на нагул через северные Курильские проливы в открытые районы Тихого океана, расположенные между 40 и 45° с.ш. Впервые в жизни лососи пересекают геохимически импактную и в то же время высококормную зону – Курильскую гряду и Курило-Камчатскую впадину. Второй раз горбуша пересекает импактную зону в следующем году, в процессе анадромной миграции, следуя в обратном направлении к местам нереста [25]. Что же касается кеты, то, по данным Шунтова и Темных (2008), за время своего морского периода жизни (как правило, 3–4 года), она может несколько раз проходить вдоль Курил, тем самым повышая концентрацию микроэлементов в своих тканях. Обладая свойственным всем тихоокеанским лососям мощным потенциалом роста, за месяцы пребывания в море кета значительно прибавляет в длине и массе тела.

Совершая пространные миграции, после зимовки кета поднимается к Командоро-Алеутскому желобу, входит в глубоководную западную часть Берингова моря и после нагула в этой зоне спускается вдоль Камчатки, постепенно двигаясь к Полярному фронту на зимовку. Совершив не менее трех циклов переходов в Берингово море и обратно, она, наконец, спускается по кормному маршруту вдоль Камчатки, Курил, Курило-Камчатского желоба и через южные Курильские проливы устремляется к рекам азиатского побережья материка, Сахалина и Курил [34].

На пути на нагул и обратно, к родным рекам, у приморской кеты лежит Японское море, через которое она проходит дважды в своей жизни, следуя миграционными путями к местам нагула и обратно – на нерест в реки Приморья. Залив Петра Великого Японского моря и входящие в него заливы второго порядка, в том числе Амурский и Посыета, куда скатываются мальки кеты в первую очередь, характеризуются значительным антропогенным и терригенным воздействием на среду и биоту [26; 27; 28].

В питании кеты многочисленны *Mysidacea*, личинки крабов, гиперииды и зоопланктон *Eucalanus* (38 видов). Если горбуша, являясь наиболее массовым видом лососей в дальневосточных морях, имеющая самый высокий среди лососей продукционный потенциал [29], в питании более предпочитает мелкую рыбу; кета же больше питается ракообразными и крылоногими моллюсками [30].

Сима, в отличие от других видов тихоокеанских лососей сима заходит в реки в период весеннего паводка раньше всех. Ход в реки начинается в мае и продолжается до середины июля. Нерест проходит с конца июля до сентября. Сима располагает свои нерестилища в верховьях рек, в ключевых протоках. Её нерестилища мало перекрываются с другими лососями. Здесь до нереста в течение 2–3-х месяцев она дозревает [9]. Икра откладывается в гнезда на галечно-илистых грунтах со слабым течением.

Большая часть половозрелых особей заходит в Охотское море через пролив Лаперуза и лишь частично проникает через южно-курильские проливы. Основные уловы симы приходятся на май. Согласно наблюдениям И.М. Ивановой (2003), у юго-западного побережья Сахалина в уловах ставных неводов основной пик лова бывает в конце мая, более редко – в первой половине июня. К середине-концу июня (редко в начале июля) уловы значительно снижаются и ход заканчивается. Поимка симы в устье Бахуры в начале 20-х чисел июня относится, очевидно, ко времени начинающегося снижения её хода.

Таким образом, выловленная нами сима могла сформировать свой микроэлементный состав, более соответствующий терригенному и антропогенному воздействию на среду (Zn, Cu, Ni) за 1–2 года жизни в реке до ската в море и за 2–3-месячное созревание в нерестовой реке.

## Заключение

Сравнение концентраций микроэлементов в симае с юго-востока Сахалина и кете из заливов Простор и Терпения Охотского моря и залива Петра Великого Японского моря, выявило контрастное различие в аккумуляции элементов в органах и тканях рыб: Zn, Cu и Ni преобладали в симае и приморской кете, Cd и Pb – в сахалинской и курильской кете.

Различные условия нагула и пути миграции кеты, имеющей «приморское» и «сахалинское» происхождение и симы с юго-востока Сахалина, отражаются на микроэлементном составе органов и тканей рыб. Оценивая содержание тяжелых металлов в горбуше и симае в наших предыдущих работах [1; 31; 32], мы также отмечали, что горбуша из Охотского и Японского морей имела существенные различия в концентрации микроэлементов, входящих в состав ее органов и тканей.

В особенностях микроэлементного состава приморской кеты и симы по сравнению с кетой охотоморской (Курилы и Сахалин) нашли отражение, по-видимому, два фактора: более закрытое и более загрязненное Японское море, а также большие размеры и более длительный нагул, сказавшийся на аккумуляции больших количеств микроэлементов – тяжелых металлов.

Повышенное содержание Ni, свидетеля сжигания углеводородного топлива, используемого как судами, так и береговыми источниками теплоэнергетики, говорит морском периоде жизни симы. В то же время высокие концентрации Cd и Pb в кете, обусловленные явлением вулканизма и апвеллинга, свидетельствует о нагуле кеты в открытом океане и о её миграциях через импактную геохимическую зону – Курильские проливы и Курило-Камчатскую впадину.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Христофорова Н.К., Литвиненко А.В., Цыганков В.Ю., Ковальчук М.В. Сравнение микроэлементного состава горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum, 1792 из Сахалино-Курильского региона и Японского моря // «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»: материалы XIX Международной научной конференции. – Петропавловск-Камчатский: изд-во «Камчатпресс», - 2018. – С. 386-390.
2. Христофорова Н.К., Шулькин В.М., Кавун В.Я., Чернова Е.Н. Тяжелые металлы в промысловых и культивируемых моллюсках залива Петра Великого. - Владивосток: Дальнаука, 1993. 296 с.
3. Официальная информация о рыболовных предприятиях Сахалинской области по состоянию на 01.02.2020. - Южно-Сахалинск: СКТУ ФАР, 2020. - 15 с.
4. Самарский В.Г. Лосось с заводской пропиской // Fishnews – Новости рыболовства. - 2020. - №4. - <https://fishnews.ru/interviews/744> (Дата обращения 07.08.2020).
5. Официальная информация о рыболовных предприятиях Приморского края по состоянию на 01.02.2020. – Владивосток: Приморский филиал ФГБУ «Главрыбвод», 2020. - 2 с.
6. Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах: монография. - Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. - Т. 1. - 481 с.
7. Горяинов А.А. и др. Приморская кета : (рыбохозяйственный очерк). - Владивосток: ТИНРО-центр, 2007. - 197 с.
8. Бирман И.Б. Морской период жизни и вопросы динамики стад тихоокеанских лососей. - М.: Агропромиздат, 1986. - 208 с.
9. Семенченко А.Ю. Приморская сима. Популяционная экология, морфология, воспроизводство. Владивосток: Дальнаука, 1989. 192 с.
10. Омельченко В.Т., Малинина Т.В., Цыгир В.В. Популяционная структура симы *Oncorhynchus masou* (Brev.): генетико-биохимическое исследование популяций южной части Приморья // Генетика. – 1991. – Т. № 2. – С. 290–298.
11. Бугаев В.Ф., Вронский Б.Б., Заварина Л.О. и др. Рыбы реки Камчатка (численность, промысел, проблемы) // Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2007. 496 с.
12. Атлас распространения в море различных стад тихоокеанских лососей в период весенне-летнего нагула и преднерестовых миграций. - М.: ВНИРО. 2002. 190 с.
13. Смирнов А.И. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей. - М.: Изд-во ВНИРО, 1975. - 337 с.

14. Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах: монография. - Владивосток: ТИНРО-центр, 2011. - Т. 2. - 473 с.
15. Христофорова Н.К., Цыганков В.Ю., Боярова М.Д., Лукьянова О.Н. Содержание тяжелых металлов в горбуше *Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum, 1792 из прикурильских океанических вод во время анадромной миграции // Биология моря. 2015. Т. 41. № 6. С. 447-452.
16. ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. - М.: Стандартинформ, 2010. - 12 с.
17. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. - М.: Госкомсанэпиднадзор РФ, 2002. - 156 с.
18. Kelly B.C., Ikononov M.G., Higgs D.A., Oakes J., Dubetz C. Mercury and other trace elements in farmed and wild salmon from British Columbia, Canada // Environmental Toxicology and Chemistry, 2008. - Vol. 27. - № 6. - pp. 1361-1370.
19. Христофорова Н.К., Цыганков В.Ю., Боярова М.Д., Лукьянова О.Н. Содержание микроэлементов в тихоокеанских и атлантических лососях // Океанология, 2015. - Т.55. - № 5. - С. 751-758.
20. Шунтов В.П., Бочаров Л.Н., Волвенко И.В. Нектон западной части Берингова моря. - Владивосток: ТИНРО-центр, 2006. - 415 с.
21. Семенченко А.Ю., Крупянко Н.И., Золотухин С.Ф. Лососи рода *Oncorhynchus* в российской экономической зоне Японского моря. Биология // Вопр. ихтиол, 1997. - Т. 37. - №4. - С. 482-489.
22. Горяинов А.А., Шатилина Т.А., Цициашвили Г.Ш., и др. Климатические причины снижения запасов амурских лососей в 20-м столетии // Д.В. Экспресс информация «Научно-технический центр «Дальрыбтехника». — Владивосток, 2006. — Вып. № 6 (73). — С. 2–18.
23. Нектон северо-западной части Японского моря табл. численности, биомассы и соотношения видов. - Владивосток: ТИНРО-центр, 2004. - 225 с.
24. Дударев В.А., Байталюк А.А., Мокрин Н.М., Шелехов В.А. Современное состояние сырьевой базы рыболовства в северо-западной части Японского моря // Вопр. рыболовства, 2004. - Т.5. - № 3(19). - С. 405-417.
25. Khristoforova N.K., Litvinenko A.V., Tsygankov V.Yu., Kovalchuk M. V., Erofeeva N.I. Trace Elements Content in the Pink Salmon (*Oncorhynchus Gorbuscha* Walbaum, 1792) From Sakhalin-Kuril Region / Doc. dep. on the Second NPAFC-IYS Workshop on Salmon Ocean Ecology in a Changing Climate, Tech. Rep. 15 (May 18–20, 2019; Portland, Oregon, USA). - pp. 59-62.
26. Христофорова Н.К., Коженкова С.И. Кадмий и никель в прибрежных водах Приморья // Проблемы региональной экологии, 2000. - № 2. - С. 66-76.
27. Христофорова Н.К., Чернова Е.Н. Сравнение содержания тяжелых металлов в бурых водорослях и морских травах // Докл. РАН, 2005. - Т. 400. - № 4. - С. 571–573.
28. Христофорова Н.К., Кобзарь А.Д. Мониторинг загрязнения прибрежных вод Амурского залива (Японское море) тяжелыми металлами с использованием бурой водоросли *Sargassum miyabei* Yendo, 1907 // Биология моря, 2015. - Т. 41. - №5. - С. 361-365.
29. Горбатенко К.М. Трофодинамика гидробионтов в Охотском море: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Владивосток, 2018. - 48 с.
30. Карпенко В.И., Андриевская Л.Д., Коваль М.В. Питание и особенности роста тихоокеанских лососей в морских водах. - Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2013. - 304 с.
31. Иванова И.М. Видовой состав, биологическая структура и динамика уловов лососей рода *Oncorhynchus* в прибрежье юго-западного Сахалина // Тр. СахНИРО. 2003. Т.5. С. 64-84.
32. Христофорова Н.К., Литвиненко А.В., Цыганков В.Ю., Ковальчук М.В. Концентрации микроэлементов в симе *Oncorhynchus masou* из Юго-западной части Охотского моря // «Биогеохимия – научная основа устойчивого развития и сохранения здоровья человека»: Материалы XI Международной биогеохимической школы. – Тула: Изд-во Тульского государственного педагогического университета, - 2019. – С. 53-56.
33. Христофорова Н.К., Литвиненко А.В., Цыганков В.Ю., Ковальчук М.В., Ерофеева Н.И. Микроэлементный состав горбуши *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* (WALBAUM, 1792) из Сахалино-Курильского региона // Биология моря, 2019. - Т. 45. - №3.- С. 1-7.

# REFLECTION OF GEOCHEMICAL ENVIRONMENTAL CONDITIONS ON THE MICROELEMENT COMPOSITION OF PACIFIC SALMON

<sup>1</sup>Litvinenko Anna Vladimirovna, PhD Biol. Sciences, associate Professor

<sup>2</sup>Khristoforova Nadezhda Konstantinovna, Dr. Biol. sciences, professor

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Sakhalin State University (SakhSU), Institute of Natural Sciences and Technosphere Safety, Department of Ecology, Biology and Natural Resources,

Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, e-mail: litvinenko.av@bk.ru

<sup>2</sup>Far Eastern Federal University, School of Natural Sciences,

Vladivostok, Russia, e-mail: more301040@gmail.com

<sup>2</sup>Pacific Institute of Geology of the Russian Academy of Sciences

*The concentrations of microelements Cu, Pb, Cd, Ni, Zn, and Fe were determined in the sim from the Bakhura River on the southeastern coast of Sakhalin in June 2017 and chum from the Firsovka rivers (southeast Sakhalin), Reidovaya (Iturup Island) (October 2018) and Floodplain (south-west of Primorye, Sea of Japan) (October 2019), collected in cages of fish hatcheries (HRZ). It was found that in terms of the content of elements, two of which (Pb and Cd) are toxic, both species of Pacific salmon meet the sanitary requirements of the Russian Federation for seafood. Concentrations of Zn, Cu, Ni, and Fe are noticeably predominant in all organs and tissues of the Sima and the Sea of Japan chum salmon, and Cd and Pb in the organs and tissues of the Sea of Okhotsk chum salmon. The reason, obviously, is the geochemical conditions of the environment formed in the enclosed Sea of Japan under the influence of anthropogenic and terrigenous factors, in the Sakhalin-Kuril Basin - under the influence of natural factors - volcanism and upwellings.*

УДК 551.4: 556.55 (06)

## МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЗЕРА КАРПОВСКОГО (КАЛИНИНГРАД)

Лоцицкая Екатерина Александровна, аспирант

Цупикова Надежда Александровна, канд. геол.-мин. наук, доцент кафедры ИЭ

Берникова Татьяна Александровна, канд. геогр. наук, профессор кафедры ИЭ

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия, e-mail: Lozitskaya.EA@yandex.ru; tsoupikova@klgtu.ru

*Представлены результаты батиметрической съемки озера Карповского (Калининград). Впервые построены карты рельефа дна, разрезы и батиграфические кривые. В ходе работы были изучены картографические материалы начала и середины XX века. Высказано предположение о происхождении водоема – это бывший карьер по добыче полезных ископаемых, котловина которого быстро заполнилась водой в связи с особенностями окружающей местности. Рекомендуется расширение пляжной зоны в юго-западном направлении для улучшения рекреационных качеств водоема.*

Восстановление и охрана качества вод поверхностных водных объектов, создание рекреационных зон на основе использования природных пространств города является важной составляющей городской политики Калининграда. Городская территория богата водными ресурсами, но, к сожалению, они недостаточно используются для организации отдыха населения, в том числе и в силу их слабой изученности, что подтверждается исследованиями администрации городского

округа «Город Калининград». В 2017 году администрацией была начата инвентаризация водных объектов [1]. По ее результатам около 40 % водных объектов отсутствуют в водном реестре [2]. Некоторые в разных документах имеют различные названия, часть водных объектов и вовсе не имеют наименования. Никакой иной информации о состоянии водоемов не имеется, что делает исследования, посвященные изучению их особенностей, актуальными, особенно учитывая их возрастающую роль в городской среде. Муниципальные власти неоднократно подчеркивали значение природных и искусственных водоёмов для коммерческой успешности города и городской среды. Это определяет необходимость проведения на них мониторинговых наблюдений, а также их комплексных исследований для выявления закономерностей формирования водных экосистем с целью оценки их состояния.

Целью работы является изучение особенностей рельефа дна озера Карповского, определение и анализ основных морфометрических характеристик. Знание рельефа дна водоемов необходимо как для проведения эффективных мероприятий по сохранению и восстановлению качества вод, так и для организации на них рекреационной деятельности и любительского рыболовства.

### Материалы и методы

В работе использовались фондовые данные по морфометрии озера Карповского кафедры ихтиологии и экологии. В ходе промерных работ с лодки проводилось измерение глубин ручным лотом. Отсчет глубин производился при вертикальном положении лотлиния в момент касания груза поверхности дна по ближайшей марке, погруженной в воду, с одновременной фиксации координат местности. Число промерных точек свидетельствует о достаточной полноте исследований. Итоги рекогносцировочного обследования приведены в таблице 1.

Таблица 1

#### Итоги рекогносцировочного обследования озера Карповского

Характеристики	Значение
Площадь озера, га	8,6
Число промерных точек	69
Длина галсов, м	335
Плотность промерных точек на 1 га	8

В качестве плановой основы промера использовались аэроснимки Google Earth Pro, сделанные с высоты 640 м. Первичная обработка результатов полевых измерений была выполнена средствами электронных таблиц MS Excel.

Изучены карты и спутниковые снимки начала и середины XX века, в том числе немецкие карты: геологическая карта окрестностей Кенигсберга 1910-1911 г. (Geologische Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten, herausgegeben von der Königlich Preußischen Geologischen Landesanstalt. Berlin, 1910-1911), топографическая карта Восточной Пруссии 1933 г. (Messtischblatt, 4 cm Karte); советские: подробная карта РККА Восточной Пруссии 1933-1941 гг., план г. Кенигсберга, составленный по аэрофотоснимкам 1945 г., топографическая карта Калининградской области ГУГК СК-63 1955 г.; американские: топографическая карта 1944 г. [3], позволившие уточнить время возникновения котловины водоема, проследить ее эволюцию.

При определении функциональных зон, расположенных вокруг озера, использовались данные официального портала Правительства Калининградской области [4].

#### Общая характеристика объекта изучения

Озеро Карповское – водоем, предположительно, искусственного происхождения, расположенный к западу от центра Калининграда и принадлежащий бассейну р. Преголи. Карповское находится на приустьевом низменном участке северного берега реки (расстояние 0,47 км). Точное

происхождение водного объекта неизвестно. Географический центр озера имеет координаты 54°41'55" с. ш., 20°24'25" в. д.

Согласно геологической карте окрестностей Кенигсберга 1911 г. и топографической карте Восточной Пруссии 1933 г. для места нынешнего расположения озера и его окрестностей уже в тот период были характерны переувлажненные торфяно-песчаные почвы, покрытые луговыми, в т. ч. влаголюбивыми, травами. Частые нагонные явления, характерные для приустьевых участков реки Преголи при западных штормовых ветрах, приводили к существенному подъему уровня воды и периодическим наводнениям, в ходе которых затоплялись близлежащие территории. Чтобы понизить уровень грунтовых вод, защитить участок от затопления и постепенного заболачивания была построена сложная и разветвленная система дренажных каналов [3].

На месте современной котловины озера находился небольшой холм, высотой 6,6 м (согласно отметке пункта геодезической сети), сложенный, преимущественно, делювием. Калининградский краевед Губин А.Б. пишет: «озеро переименовано в 1947 г.» [5]. Однако, еще на карте 1945 г. (рисунок 1) водоем отсутствует, что позволяет выразить мысль о его появлении в 1945-1947 гг. Вероятно, в послевоенные годы, в районе настоящего расположения озера начались работы по добыче песка для строительных нужд. Впрочем, не исключена и возможность неорганизованной разработки торфа на прилегающей территории первыми переселенцами, использовавшими его в качестве топлива. Впервые линию, маркирующую бровку уступа карьера, можно увидеть на подробной топографической карте РККА Кенигсберга 1945 г. Из-за нарушения дренажной системы в военные и послевоенные годы, избыточного увлажнения почвы, близкого залегания грунтовых вод и расположения в непосредственной близости от реки Преголи начался процесс подтопления, карьер стал быстро обводняться и уже в 1960-е гг. был полностью затоплен. К этому моменту абсолютная отметка уреза воды в нем находилась на высоте 1,0 м, отметки государственной геодезической и плановых съемочных сетей на прилегающей с юго-востока местности составляли 1,4-1,5 м. В настоящее время уровенная поверхность водоема расположена на отметках, близких к уровню моря, иногда ниже его.

Современный вид озера обрело в 1970-е гг., предположительно, с момента возникновения еще одного водоема без названия с координатами 54°41'52" с. ш., 20°29'10" в. д., появившегося к западу от Карповского.

Исследования, проводившиеся кафедрой ихтиологии и экологии в 1990-х гг., показали, что Карповское имело гидрологическую связь с упомянутым водоемом.

Озеро без названия примыкает к Карповскому, образуя единую систему водоемов, соединенных протокой. Система подвержена существенным колебаниям уровня, что отражается на площади водоемов, особенно на озере без названия. Меняется и состояние протоки, которая иногда вовсе пересыхает. Подобная гидрологическая связь в период наблюдений 2018-2020 гг. не прослеживались как при полевых исследованиях, так и при изучении карт и снимков программы Google Earth. Возможно, связь по-прежнему возобновляется в периоды с обильными атмосферными осадками при подъеме уровня воды в водоемах. Помимо этого водного объекта, рядом (на расстоянии не более 200 м) с разных сторон в данное время находятся еще несколько молодых водоемов разного размера (от 0,05 до 1 га).

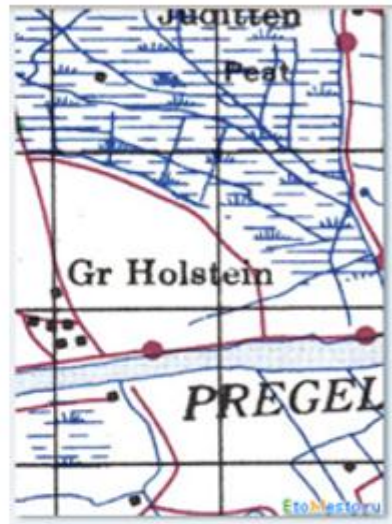
В настоящий момент озеро Карповское используется в рекреационных целях. Около десяти лет озеро входит в список разрешенных к купанию, несмотря на периодически возникающие претензии к качеству его вод. Так, в августе 2018 г. в водоеме установлено наличие энтеровирусов, из-за чего купание в нем было запрещено [6]. В 2019-2020 гг. водоем вновь был включен в список.



Карта РККА N-34. Восточная Пруссия, 1922-1930 гг. (фрагмент)



Подробная карта РККА Калининградской области – Восточной Пруссии, 1:50000, 1941 г. (фрагмент)



Американская топографическая карта 1944 г. (фрагмент)



Подробная топографическая карта РККА Кенигсберга, 1945 г (фрагмент)



Топографическая карта Калининградской области ГУТК СК-63, 1955 г. (фрагмент)



Карты городов России. Калининград, 1996 г. (фрагмент)

Рис. 1. Хронология озера Карповского [3]

Пляж на озере травянистый, небольшой (площадью всего 500-600 м<sup>2</sup>), из-за чего отдыхающие рассредоточиваются за его пределами, практически вдоль всей береговой линии. Берег озера оборудован мусорными контейнерами, столиками для пикников. На водной поверхности встречаются широкие полосы, заросшие тростником, камышом, роголистником и другими макрофитами. Подводные виды растительности встречаются по всей акватории озера. На юге и юго-западе почти вплотную к береговой линии находятся дачные участки и жилая застройка. Расстояние до ближайшего здания 30 м.

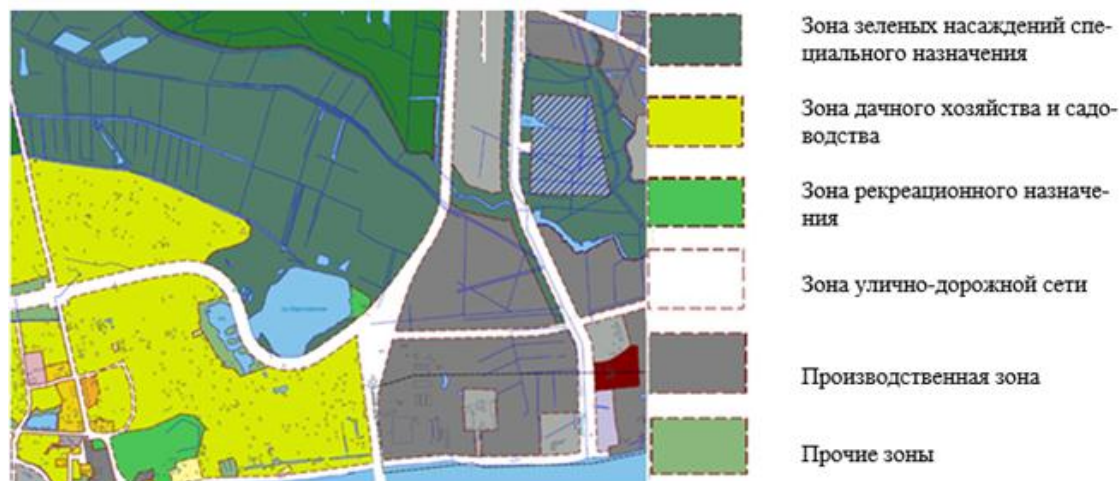


Рис. 2. Функциональные зоны на территории вокруг озера [7]

К северу от озера располагается зона зеленых насаждений специального назначения. В таких зонах размещаются насаждения, выполняющие защитную функцию, объекты местного значения в сфере водоснабжения, водоотведения (магистральные сети), электроснабжения, газоснабжения, теплоснабжения, дождевые канализации, велодорожки, объекты для защиты населения и территории городского округа от ЧС природного характера. К восточному берегу примыкает небольшая зона рекреационного назначения: зона городских парков, скверов, садов, бульваров и набережных, объектов массового летнего отдыха и пляжей. На ней расположен пляж и культурно-рыбное хозяйство «Карповское». Южнее озера проходит грунтовая дорога, за которой находится зона дачного хозяйства и садоводства, огородничества, относящаяся к СНТ «Фрегат». Вокруг озера без названия сформирована «прочая зона». К востоку и юго-востоку территория освоена слабо. Зону в основном занимают производственные объекты, включая предприятие судостроения и судоремонта, мебельную фабрику, базу приема лома черных и цветных металлов, производство полуприцепов и т. д.

Согласно данным водного реестра озеро Карповское высшей рыбохозяйственной категории. В нем водится около 15 видов рыб: судак, щука, окунь, карась, карп, плотва, линь и др. Искусственным воспроизводством и выращиванием рыбы, в том числе декоративных и ценных видов (карпы кои, стерлядь, осетр) занимается культурно-рыбное хозяйство, расположенное на северо-восточном берегу озера рядом с пляжем. Хозяйство учитывает не только интересы рыбаков, но развивает инфраструктуру отдыха, занимаясь благоустройством озера: подготовка помещений для спасательных постов, установка специальных информационных знаков вдоль берега, оборудование территории пляжей биотуалетами, емкостями для сбора мусора, организация окоса травы, уборки территории пляжей от мусора и вывоза твердых коммунальных отходов и др. [7].

### Морфометрическая характеристика водоема

Искусственные водные объекты, как правило, существенно отличаются в своих физических, химических и биологических особенностях от водоемов естественного происхождения. Чаще всего эти различия связаны с морфометрическими параметрами озерной котловины, которые обуславливают особенности термического и газового режимов, распределения химических элементов, показателей продуктивности, а также определяют устойчивость водоема к внешней нагрузке. Изучение морфологии озера принципиально не только для знания его формы, но и для понимания процессов транспорта питательных веществ и распространения биологических сообществ.

Определение морфометрических особенностей озера Карповского проводилось в ходе полевых работ и с использованием картографических сервисов «Яндекс.Карты» и «Карты Google». Результаты расчетов представлены в таблице 2.



### Морфометрическая характеристика озера Карповского

Параметр	Значение
Площадь водного зеркала, га	8,6
Длина, км	0,41
Средняя ширина, км	0,21
Максимальная ширина, км	0,28
Средняя глубина, м	2,4
Максимальная глубина, м	5,5
Объем воды, тыс. м <sup>3</sup>	200
Протяженность береговой линии, км	1,2 (без учета острова)
Коэффициент извилистости	1,2
Коэффициент удлиненности	1,95
Показатель емкости	0,44
Форма озерной котловины	параболоидная

Карповское имеет близкую к эллипсу форму и слабоизрезанную береговую линию (коэффициент извилистости – 1,2). Малая величина удлиненности, 1,95, указывает на форму (по С.В. Григорьеву), близкую к округлой. По снимкам видно, что озеро слегка вытянуто с северо-востока на юго-запад. По функционально-генетической классификации прудов В.М. Мишона [8] водоем относится к категории средних – площадь 8,6 га. Согласно расчетам авторов, его длина – 0,41 км, максимальная ширина (0,28 км) незначительно отличается от средней (около 0,21 км). Протяженность береговой линии составляет 1,2 км. Объем воды в озере (около 200 тыс. м<sup>3</sup>) схож с другими водоемами карьерного типа в Калининграде, например, с прудом Пелавским, расположенным неподалеку от Карповского и выполняющего схожие рекреационные функции [9].

По результатам промерных работ были получены данные для построения батиметрической карты водоема (рисунок 3), позволяющей изучить строение его котловины, рельеф дна, которые имеют существенное значение для мониторинга экологического состояния водных ресурсов, исследований рекреационного потенциала.

В соответствии с классификацией водных объектов по средним глубинам Китаева С.П. озеро Карповское относится к водоемам с малой глубиной (до 4 м) [10]. Показатель емкости (отношение средней глубины к максимальной) равен 0,44, следовательно, котловина Карповского выпуклая, по форме близка к параблоиду.

По линиям, представленным на батиметрической схеме, были построены профили от одного берега к другому: продольный (по линии ДЕ) вдоль большой оси озера и два поперечных (АБ и ВГ), отражающие изменение рельефа дна и пересекающие как мелководные, так и наиболее глубокие участки дна.

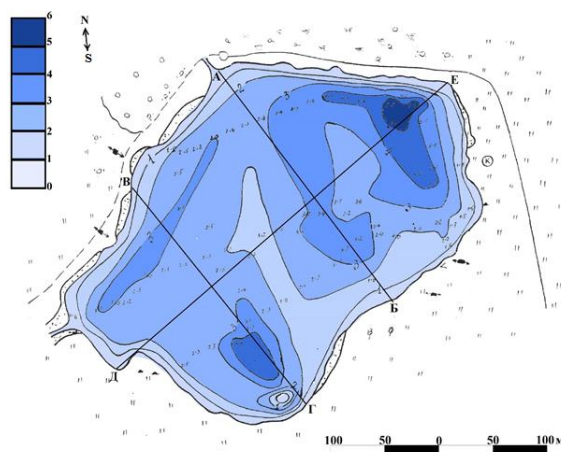
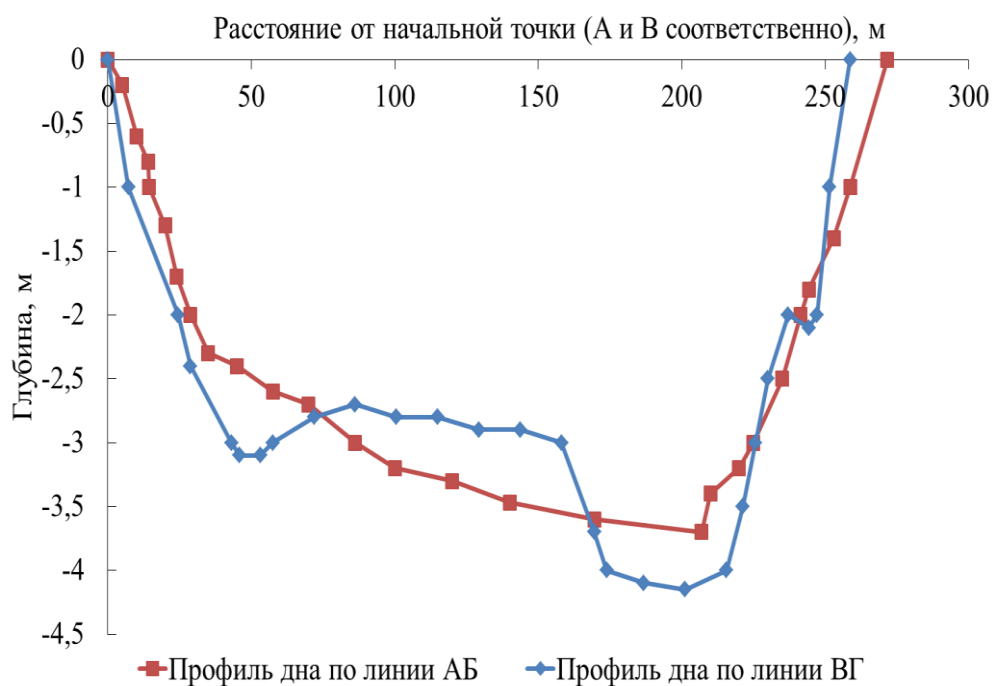
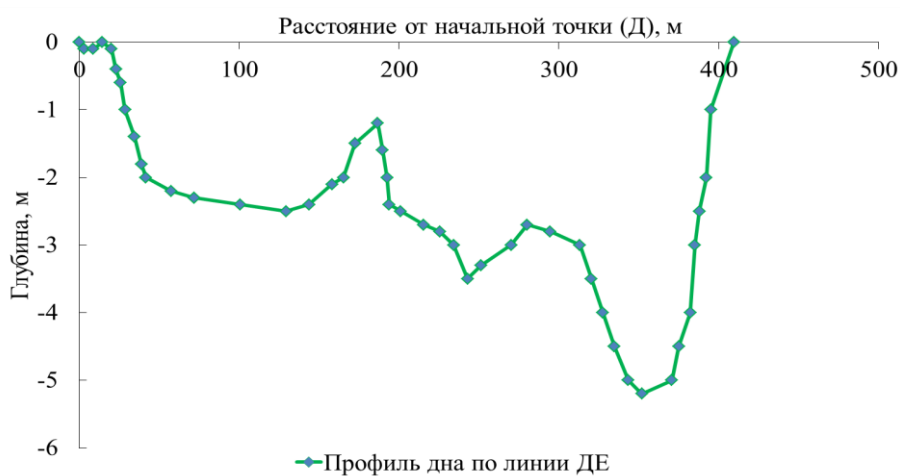


Рис. 3. Рельеф дна озера Карповского

Для большей части озера характерен довольно крутой подводный береговой склон, глубины быстро достигают 2 м. В восточной части мелководная зона хорошо развита, смена глубин более плавная (рисунок 4). В южной части расположен небольшой остров (площадью около 20 м<sup>2</sup>). Рельеф дна сложный: на северо-востоке и на юге находятся ямы с глубинами 4-5 м и более. Между ямами далеко на север тянется отмель с глубинами менее 2 м.



а)



б)

Рис. 4. Профили по линиям:  
а) по линии АБ и ВГ;  
б) по линии ДЕ

Преобладающие глубины озера – 1-2 м, что можно заметить на построенных батиграфических кривых (рисунок 5). Дно водоема сильнее расчленено вдоль большой оси (ДЕ), здесь впадины чередуются с поднятиями. Глубины до 1 м занимают 86 % от общей площади и около 60 % от общего объема озера, глубины более 3 м – менее 26 % от площади и 10 % от объема (таблица 2).

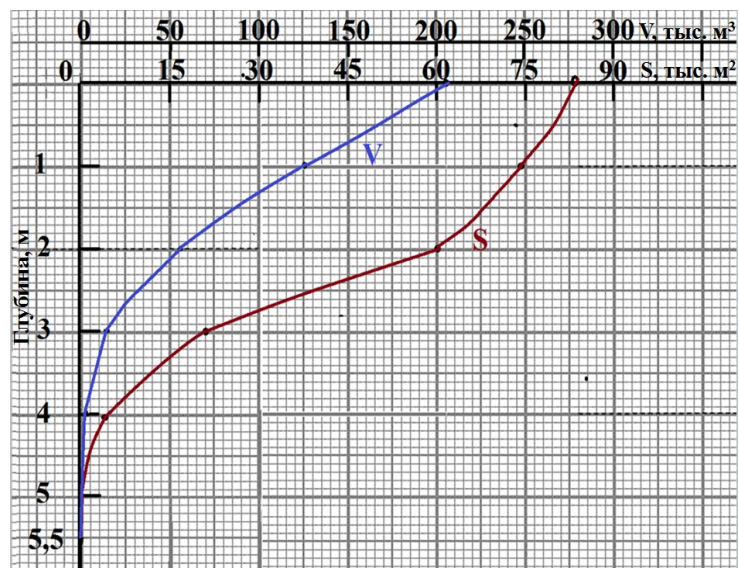


Рис. 5. Батиграфические кривые: S – площадей, V - объемов

Таблица 2

### Площади и объемы озера Карповского

Глубина (м)	Площадь горизонтали		Объем озера	
	га	% от общей площади	тыс. м <sup>3</sup>	% от общего объема
0	8,60	100,0	200,0	100,00
1	7,40	86,0	125,0	62,50
2	6,00	69,8	58,0	29,00
3	2,20	25,6	16,0	8,00
4	0,44	5,1	3,0	1,50
5	0,06	0,7	0,1	0,05
5,5	0,00	0,0	0,0	0,00

Крутизна подводного берегового склона до глубины три метра составляет в среднем 4-8°. Только в северо-восточной части можно увидеть резкое увеличение глубины до максимальной зафиксированной (5,5 м) с повышением значения крутизны берегового склона до 20°. Средний уклон ложа озера вычислен по Чеботареву А.И. [10] и составил 16°.

Предполагаемая наибольшая глубина озера находится в его северо-восточной части, около пляжной зоны и рыбного хозяйства.

Среди прочих требований и рекомендаций для водоемов, используемых в рекреационных целях (возможное устройство удобных и безопасных подходов к воде, наличие подъездных путей в зону рекреации) морфометрические характеристики занимают важное место. Особое внимание уделяется безопасному рельефу дна, в частности, отсутствию ям, создающих угрозу жизни купающихся.

Современная площадь пляжа на Карповском не удовлетворяет потребности населения, из-за чего вокруг водоема стихийно возникают дополнительные, неорганизованные места отдыха. Анализируя прибрежный рельеф дна озера, можно предложить расширить пляжную зону озера Карповского, включив в нее наиболее мелководный юго-восточный берег. Дно здесь ровное, без резких перепадов глубин, что позволит организовать и зону для детского купания. Даже на расстоянии 10 м от берега глубина не превышает 1,5 м. Это позволило бы увеличить размер пляжа приблизительно на 0,5 га.

Попасть к озеру можно на личном транспорте или на автобусе единственного маршрута. Создание велотранспортной инфраструктуры, хорошо вписанной в окружающую среду и ландшафт, позволит привлечь еще больше рекреантов и улучшит транспортную доступность озера.

## Заключение

Результаты картографического анализа позволяют предположить, что озеро Карповское фактически является антропогенным водным объектом – это бывший карьер, котловина которого быстро заполнилась водой в связи с гидрогеологическими и геоморфологическими особенностями окружающей местности. Впервые на картах водоем появляется в 1955 г. и к тому моменту имеет близкие к современным очертания. Окончательное формирование береговой линии произошло в 1960-е гг., таким образом, с гидрологической точки зрения правильнее было бы называть его прудом.

В ходе работ по изучению морфометрических особенностей озера было выявлено, что водоем среднего размера, имеет слабоизрезанную береговую линию, малую глубину и выровненную в центре котловину параболической формы со значительной крутизной подводно-береговых склонов. В северо-восточной и южной части озера обнаружено резкое увеличение глубины до 4-5 м, но в целом преобладает хорошо развитая мелководная зона.

В настоящее время озеро Карповское входит в число официальных купальных водоемов города Калининграда, на нем организовано рекреационное рыболовство. На водоеме возможно расширение рекреационной зоны за счет обустройства юго-восточного берега под пляжную зону, тем самым площадь пляжа увеличится примерно в десять раз.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Посчитают пруды, озёра и даже родники // Электрон. дан. Режим доступа URL: [https://www.grazdanin-gazeta.ru/archive/2017/dekabr-2017/23-14-dekabrya2017/1717/?sphrase\\_id=5391](https://www.grazdanin-gazeta.ru/archive/2017/dekabr-2017/23-14-dekabrya2017/1717/?sphrase_id=5391) (дата обращения 20.07.2020).
2. 40% водоемов в Калининграде оказались не внесены в Государственный водный реестр // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.newkaliningrad.ru/news/briefs/community/16273596-40-vodoevov-v-kaliningrade-okazalis-ne-vneseny-v-gosudarstvennyy-vodnyy-reestr.html> (дата обращения 20.07.2020).
3. Старые карты Калининграда и Калининградской области, Кенигсберга и Восточной Пруссии // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://www.etomesto.ru/> (дата обращения 01.08.2017).
4. Официальный сайт правительства Калининградской области // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://aggrad.gov39.ru/territorialnoe-planirovanie.php> (дата обращения 24.07.2020).
5. Очерки А.Б. Губина // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://klgd.ru/city/history/gubin/reservoir.php> (дата обращения 12.07.2020).
6. На озере Карповском купаться запрещено // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.klgd.ru/press/news/detail.php?ID=1943483> (дата обращения 10.07.2020).
7. «О подготовке к купальному сезону и обеспечении безопасности населения городского округа «Город Калининград» на водных объектах в летний период 2020 года»// Постановление от 28 апреля 2020 года N 331 администрации городского округа «Город Калининград».
8. Мякишева Н.В. Многокритериальная классификация озер. - СПб.: изд. РГГМУ, 2009. - 160 с.
9. Цупикова Н.А., Лозицкая Е.А., Алдушин А.В. Морфометрические характеристики пруда Пелавского (г. Калининград) // Известия КГТУ, 2018.– №49. – С. 55-66
10. Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озер различных природных зон. / С.П. Китаев – М.: Наука, 1984. – 208 с.
11. Чеботарев А.И. Общая гидрология (воды суши) Гидрометеиздат, Ленинград -1975 г., -544 с.

## MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE KARPOVSKOE LAKE (KALININGRAD)

Lozitskaya Ekaterina Aleksandrovna, PhD student  
Tsoupikova Nadezhda Aleksandrovna, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,  
Associate Professor of Ichthyology and Ecology Department  
Bernikova Tatyana Alexandrovna, PhD geo sciences, prof.

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",  
Kaliningrad, Russia, e-mail: Lozitskaya.EA@yandex.ru; tsoupikova@klgtu.ru

*The results of bathymetric survey of the Karpovskoe lake (Kaliningrad) are presented. For the first time, maps of the bottom relief, sections and bathygraphic curves were plotted. In the course of the work, cartographic materials of the beginning and middle of the 20th century were studied. An assumption made of genesis of the lake was. It is a former quarry for the extraction of minerals, the basin of which was quickly filled with water due to the peculiarities of the surrounding area. It is recommended to expand the beach area in the southwest direction to improve the recreational qualities of the reservoir.*

УДК 504.4.054

## ТРАНСПОРТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ С ПОДЗЕМНЫМ СТОКОМ В БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ

<sup>1</sup>Михневич Галина Сергеевна, канд. геогр. наук, доцент кафедры географии океана

<sup>2</sup>Кречик Виктор Антонович, научный сотрудник лаборатории геоэкологии

<sup>2</sup>Крек Александр Владимирович, научный сотрудник лаборатории геоэкологии

<sup>2</sup>Данченков Александр Романович, младший научный сотрудник лаборатории геоэкологии

<sup>1</sup>Федеральное государственное автономное учреждение высшего образования

«Балтийский федеральный университет им. И. Канта»,

Калининград, Россия, e-mail: mi78galina@mail.ru.ru

<sup>2</sup>Атлантическое отделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН,

Калининград, Россия, e-mail: myemail.gav@mail.ru; av\_krek\_ne@mail.ru; swdartvader@mail.ru

*Субмаринная разгрузка наряду с речным стоком и атмосферным переносом может являться одним из значимых способов транспорта тяжелых металлов в Балтийское море. Впервые были оценены величины подземного стока тяжелых металлов из двух водоносных горизонтов с территории Калининградского п-ова в прилегающую акваторию Балтики. Максимальный сток образует железо (32,5 т/год) и марганец (2,6 т/год). Микроэлементы поступают с подземным стоком в объемах от 1,6 кг/год (кадмий) до 82 кг/год (ртуть). Полученные результаты в целом сопоставимы с величинами стока тяжелых металлов, полученных польскими учеными для Пуцкого залива.*

### Введение

Тяжелые металлы традиционно включают в группу веществ потенциально токсичных для устьевых и морских организмов. Термин «тяжелый металл» используется как синоним понятия «микроэлемент» и включает как незаменимые, так и несущественные микроэлементы [1, с. 186; 2, с. 17]. Металлы в своей естественной (фоновой) концентрации играют важную роль во многих биохимических процессах в организмах. Любая концентрация ниже или выше фоновой может

быть токсичной. Повышенное содержание металлов потенциально опасно, поскольку многие металлы могут вызывать биологические нарушения даже при относительно низких концентрациях [3, с. 403; 4, с. 291]. Если в водной среде имеется избыток микроэлементов, то живые организмы вынуждены принимать участие в цикле этих металлов [5, с. 129]. Тяжелые металлы могут накапливаться в морской пищевой сети до уровней, которые являются токсичными для морских организмов, особенно хищников [6, с. 4; 7, с. 335; 8, с. 149]

Различают две подгруппы металлов: (1) транзитные (например, медь, цинк, кобальт, железо, магний, марганец), которые необходимы для метаболизма при низкой концентрации, но могут быть токсичными при более высокой концентрации, и (2) металлоиды (например, мышьяк, кадмий, свинец, ртуть, олово), которые обычно не требуются для метаболической функции и токсичны при низких концентрациях [2, с. 341; 7, с. 334]. Наиболее важными и часто изучаемыми тяжелыми металлами являются свинец, хром, кадмий, медь, цинк, ртуть и мышьяк [3, с. 404; 8, с. 146; 9, с. 22-28], а также никель и ванадий, которые иногда используются в качестве маркеров нефтяного загрязнения [7, с. 335].

Тяжелые металлы могут находиться в воде в растворенном, либо в связанном с частицами взвеси и осадков виде. Это влияет на вероятность поглощения их организмами из окружающей среды [10, с. 28]. Когда металлы попадают в осадок, они становятся менее биологически доступными и, следовательно, менее способными воздействовать на водные организмы.

Концентрации тяжелых металлов в воде Балтийского моря в 20 раз выше, чем в Северной Атлантике [6, с. 4]. Уровни содержания тяжелых металлов в водной среде варьируют в зависимости от ряда природных факторов, в том числе от состава отложений, содержания органических веществ, окислительно-восстановительных условий в воде и отложениях, течений, солености и т.д. [7, с. 335]. Концентрация и набор тяжелых металлов также зависит от концентрации кислорода в воде. Например, недостаток кислорода приводит к осаждению кадмия и меди в виде сульфидных соединений, и они впоследствии будут откладываться в осадках в этой форме. Это означает, что количество тяжелых металлов в воде напрямую связано с истощением кислорода, связанным с эвтрофикацией [10, с.29].

В качестве основных способов поступления загрязняющих веществ, в том числе тяжелых металлов, в моря рассматриваются континентальный сток, прежде всего речной, и атмосферный перенос. Так, например, общее поступление кадмия в Балтику оценивается в 41,1 т (речной сток 35,4 т; атмосферные выпадения — 5,7 т), свинца - 567 т (соответственно 332 т и 235 т); ртути — 9,3 т (соответственно 6,4 т и 2,9 т) [6, с. 9-14]. Между тем, в последние два десятилетия появились работы, подтверждающие значительную роль подземного стока в транспорте загрязняющих веществ в акватории разного масштаба — от небольших заливов до морей [11-15].

Подземные воды, обладая специфическим химическим составом и физическими свойствами, в значительной степени могут влиять на развитие экосистем морей и их заливов [11, с. 125; 15, с. 3928-3930]. Характер воздействия может быть экстремальным, поскольку субмаринная разгрузка является способом активного транспорта загрязняющих веществ от континента в море. Особенно чувствительными к процессам разгрузки подземных вод являются бассейны с ограниченным водообменом в придонном слое [11, с. 124]. Субмаринная разгрузка воздействует непосредственно как на прибрежную бентическую, так и на пелагическую биоту [11, с. 125; 16, с. 501]. Субмаринная разгрузка подземных вод наряду с речным стоком и атмосферным переносом может рассматриваться в качестве одного из источников поступления разнообразных загрязняющих веществ в Балтийское море и его заливы [11-14, 18]. Цель работы — предварительная оценка масштабов поступления тяжелых металлов с подземным стоком из двух водоносных горизонтов с территории Калининградского п-ова.

### **Оценки величины стока подземных вод в Балтийское море**

Исследования параметров подземного стока начались еще в 60-х гг. прошлого века. Величина подземного стока с территории Советской Прибалтики была оценена в 1,1 км<sup>3</sup>/год [19, с. 84].

Для всей Балтики эта величина оценивалась примерно в  $4 \text{ км}^3/\text{год}$  [20, с. 120]. К. Пелтонен также оценил общий объем субмаринной разгрузки в Балтийское море в  $4,4 \text{ км}^3/\text{год}$ , или около 1% от общего стока рек [21, с. 32]. По данным Р.В. Мокрика, суммарный подземный сток из зоны активного водообмена с территории Советской Прибалтики составляет около 460 млн.  $\text{м}^3/\text{год}$ , из зоны замедленного водообмена - около 20 млн.  $\text{м}^3/\text{год}$  [22, с. 345]. Ионный сток оценен в 618 тыс. т/год (зона активного водообмена) и 403 тыс. т/год (зона замедленного водообмена) [22, с. 349]. В более поздних работах И.С. Зекцера [23, с. 161] и в [24, с. 199] подземный сток в Балтику оценивается в  $13,8 \text{ км}^3/\text{год}$  и  $10,3 \text{ км}^3/\text{год}$  соответственно, а ионный сток в 4,2 млн. т/год (1/10 от стока речных вод). Таким образом, если общая величина стока не является значимой для крупных водоемов, то объемы ионного стока, в том числе растворенных форм металлов могут быть вполне весомыми из-за более высокой минерализации подземных вод в сравнении с речными и дождевыми водами.

Для суббассейнов Балтики оценки величины субмаринной разгрузки редки. Так, сток в Финский составляет  $1,4 \text{ км}^3/\text{год}$ , ионный сток 686 тыс. т/год [25, с. 659]. В [18, с.143] общий подземный сток в Гданьский залив Балтийского моря из всей системы водоносных горизонтов оценен в  $0,07 \text{ км}^3/\text{год}$ . Сток в залив Эккернферде колеблется от 0,04 до  $0,4 \text{ км}^3/\text{год}$  [26, с. 157]. Сток подземных вод в Пуцкий залив составляет  $0,03 \text{ км}^3/\text{год}$  [27, с. 51]. Субмаринная разгрузка в Пуцкий и Гданьский заливы значительно превышает аналогичные величины в других регионах Балтийского моря.

Как было установлено ранее, сток из кампан-маастрихтского и палеоцен-эоценового горизонтов в акваторию, прилегающую в Калининградскому п-ову составляет  $0,015 \text{ км}^3/\text{год}$  (20 и 25 тыс.  $\text{м}^3/\text{сут}$  соответственно) [28-29]. Ионный сток в Балтику из палеоцен-эоценового водоносного горизонта составляет 7,14, из кампан-маастрихтского – 17,46 т/сут (в сумме 9 тыс. т/год). Для сравнения: общий сток малых рек северной части Калининградского п-ова от пос. Донское до п. Прибой оценивается примерно в  $0,05 \text{ км}^3/\text{год}$  [30, с. 75].

### **Поступление тяжелых металлов в акваторию Юго-Восточной Балтики**

Первые расчеты поступления тяжелых металлов были сделаны еще в конце 80-х гг. XX века для Советской Прибалтики [22, с. 348]. Разгрузка подземных вод является важным источником Cd, Co, Cr, Mn и Zn для южной части Балтийского моря. В плане влияния субмаринной разгрузки одной из наиболее изученных акваторий Балтики является Пуцкий залив [12-14, 27]. Было установлено, что концентрация микроэлементов в подземных водах на один (Cd, Co, Cr, Pb и Zn) или на два (Mn) порядка выше, чем в морской воде [13, с. 155]. Концентрации Cu и Ni были ниже в подземных водах, аналогично тому, как это наблюдается для концентраций Hg [14, с. 1545]. Кроме того, оказалось, что концентрации растворенных Co, Cd, Pb и Zn уменьшаются с увеличением солености [13, с. 158].

Локально, как в Пуцком заливе, разгрузка подземных вод может быть значительным источником металлов по сравнению с речным стоком. Потоки металлов, поступающих в Пуцкий залив с подземными водами, составляют 70% от общей годовой величины поступления металлов с речными водами для Pb, 93% для Cd, 80% для Co, 66% для Mn, 6% для Cu, 4% для Ni, 93% для Zn и 91% для Cr [13, с. 159].

Был выполнен предварительный расчет аналогичных величин для акватории, примыкающей к Калининградскому п-ову (табл. 1). В основу расчетов были положены объемы субмаринной разгрузки из палеоцен-эоценового и кампан-маастрихтского водоносных горизонтов [28-29] и результаты гидрохимических исследований этих горизонтов, выполненных для водозабора г. Балтийска [31, с. 55-60]. Использовались средние значения концентраций металлов.

**Характеристики подземного стока тяжелых металлов из палеоцен-эоценового и кампан-маастрихтского водоносного горизонтов**

Элементы	Содержание металлов в водах Гданьского залива, мг/дм <sup>3</sup> [31, с. 63]	Содержание металлов в подземных водах палеоцен-эоценового водоносного горизонта, мг/дм <sup>3</sup> [31, с. 55]	Величина стока из палеоцен-эоценового водоносного горизонта, кг/год	Содержание металлов в подземных водах кампан-маастрихтского водоносного горизонта, мг/дм <sup>3</sup> [31, с. 58]	Величина стока из кампан-маастрихтского водоносного горизонта, кг/год	Общий сток, кг/год
Свинец	0,001	0,002	18,3	0,001	7,3	25,6
Кадмий	0,0001	0,0001	0,9	0,0001	0,7	1,6
Кобальт	0,001	0,001	9,1	0,001	7,3	16,4
Марганец	0,04	0,17	1551,3	0,15	1095	2646,3
Медь	0,002	0,0025	22,8	0,002	14,6	37,4
Никель	0,001	0,004	36,5	0,003	21,9	58,4
Цинк	0,001	0,004	36,5	0,001	7,3	43,8
Хром	0,001	0,0013	11,9	0,001	7,3	19,2
Железо	0,2	2,6	23725	1,2	8760	32485
Мышьяк	0,005	0,005	45,6	0,005	36,5	82,1
Ртуть	0,0001	0,0001	0,9	0,0001	0,7	1,6

Следует отметить, что содержание свинца, кобальта, марганца, железа в водах Гданьского залива на два порядка, меди - на порядок больше, чем их кларковые весовые значения, рассчитанные для Мирового океана [32, с. 9-10]. Кроме того, также содержание марганца и железа в подземных водах на 3 порядка, свинца, кобальта - на два порядка, меди, никеля, хрома на порядок выше, чем их кларковые весовые значения, рассчитанные для Мирового океана [32, с. 9-10]. Содержание ртути и мышьяка в водах Гданьского залива и подземных водах одинаковое, но несколько выше (в 2-4 раза) кларковых значений для Мирового океана. Концентрации некоторых элементов в подземных водах значительно превышают их содержание в водах Гданьского залива: железа на порядок, цинка и марганца – в 4 раза, никеля в 3-4 раза, свинца – в 2 раза, поэтому подземный сток может формировать аномалии состава донных осадков и влиять на фоновые концентрации тяжелых металлов в морской воде. Полученные суммарные значения поступления металлов из двух водоносных горизонтов указаны в табл. 1.

Максимальный поток формируют железо — 32,5 т и марганец – более 2,5 т, что объясняется высокой природной концентрацией этих элементов в подземных водах зоны активного водообмена из-за гидролиза силикатных минералов водовмещающих пород. Величины поступления других элементов колеблются в широких пределах — от 1,6 (ртуть, кадмий) до 82,1 кг/год (мышьяк) (табл. 1). Источниками мышьяка в подземных водах могут быть: природные объекты (почвы, минералы и горные породы и др.); ядохимикаты — пестициды; сжигание угля и других видов ископаемого топлива. Для морской среды Балтики источниками мышьяка могут быть металлургическая промышленность; боевые химические отравляющие вещества, а также завезенные со стройматериалами сульфиды железа, богатые мышьяком [33, с. 871]. Высокие значения мышьяка характерны для донных отложений Гданьского, Куршского и Калининградского заливов, при этом наибольшие концентрации фиксировались в прибрежной зоне в осадках с грубым грансоставом (пески, крупные алевриты, песчано-гравийные отложения). Рассматривается возможность концентрирования мышьяка глауконитом — гидрослюдистым минералом, широко распространенным в отложениях мелового и палеогенового возраста [33, с. 882].

Значения величин стока тяжелых металлов в Южную Балтику и в Пуцкий залив представлены в табл. 2. Как видно (табл. 2), полученные объемы поступления металлов в Пуцкий залив и в морскую акваторию, прилегающую к Калининградскому п-ову сопоставимы. Серьезные расхождения по объемам меди и цинка могут быть связаны как с локальными особенностями химического состава подземных вод



(в т.ч. вызванным загрязнением), так и с техническими трудностями определения содержания веществ, находящихся в малых концентрациях.

Таблица 2

### Подземный сток тяжелых металлов в Юго-Восточную часть Балтийского моря

Металлы	Потоки металлов, кг/год		
	Южная Балтика [13, с. 157]	Пуцкий залив [13, с. 157]	Акватория, прилегающая к Калининградскому п-ову
Свинец	50-146	7,3	25,6
Кадмий	156,7-170	8,5	1,6
Кобальт	102,9-309	15,4	16,4
Марганец	29209-87626	4381,3	2646,3
Медь	8-23	1,2	37,4
Никель	63-188	9,4	58,4
Цинк	440-1318	655,9	43,8
Хром	190-573	28,7	19,2

### Выводы

Подземный сток играет значительную роль в балансе тяжелых металлов и биогенных элементов в Балтийском море. Влияние субмаринной разгрузки на экологическое состояние морской среды возрастает в небольших замкнутых (полузамкнутых) акваториях — заливах, бухтах. Проведенная оценка объемов подземного стока тяжелых металлов, образующегося при разгрузке палеоэоценового и кампан-маастрихтского водоносных горизонтов в прибрежной зоне Калининградского п-ова показала необходимость их учета при проведении различных экологических, в т.ч. мониторинговых работ. Из-за повышенных концентраций в подземных водах некоторых металлов, их сток может составлять тонны в год (железо и марганец). Годовой сток большинства тяжелых металлов (свинца, кобальта, меди, никеля, цинка, хрома и др.) характеризуется величиной в десятки килограмм.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Калининградской области в рамках научного проекта №19-45-390007 «Влияние субмаринной разгрузки подземных вод на формирование донных осадков в Гданьской впадине Балтийского моря».*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rainbow P. S. Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment // Marine Pollution Bulletin. - 1995. - Vol. 31. - pp. 183–192.
2. Kennish M.J. Practical Handbook of Marine Science. - CRC Press marine science series, United States of America. - 2019. - 507 p.
3. Nemerow N. L. Stream, lake, estuary and ocean pollution. Second edition. Environmental Engineering Series. New York, Van Nostrand Reinhold. - 1991. - 472 p.
4. Kersten M., Balls P. W., Van Enk R. J. et al. Background concentrations for metals in the North Sea: Sediment, Water, Mussels and Atmosphere. In: J. Sündermann (ed.). Circulation and Contaminant Fluxes in the North Sea. - Berlin, Springer-Verlag. - 1994. - pp. 290–316.
5. Kosior M., Barska I., Domagała-Wieloszewska M. Heavy metals,  $\Sigma$  DDT and  $\Sigma$  PCB, in the Gonads of Pikeperch Females Spawning in Southern Baltic Sea Lagoons // Polish Journal of Environmental Studies. - 2002. - Vol. 11(2). - pp. 127–133.
6. Heavy metal pollution to the Baltic Sea in 2004. Baltic Sea Environment Proceedings. HELCOM. - 2007. - Vol. 108. - 33 p.
7. Garnaga G. Integrated assessment of pollution in the Baltic Sea // EKOLOGIJA. - 2012. - Vol. 58. - No. 3. - pp. 331–355.
8. Gerlach S. A. Marine pollution. Diagnosis and therapy. - Berlin, Springer-Verlag. - 1981. - 218 p.

9. Hazardous substances in the Baltic Sea – An integrated thematic assessment of hazardous substances in the Baltic Sea. *Baltic Sea Environment Proceedings. HELCOM*. - 2010. - Vol. 120B. - 116 p.
10. The Baltic Marine Environment 1999–2002. *Baltic Sea Environment Proceedings*. - HELCOM. - 2003. - Vol. 87. - 48 p.
11. Kotwicki L. et al. Submarine groundwater discharge to the Baltic coastal zone: Impacts on the meiofaunal community // *Journal of Marine Systems*. - 2014. - №129. - pp. 118–126.
12. Szymczycha B., Susanna V., Pempkowiak J. Nutrient fluxes via submarine groundwater discharge to the Bay of Puck, southern Baltic Sea // *Science of the Total Environment*. - 2012. - Vol. 438. - pp. 86–93.
13. Szymczycha B., Kroeger K. D., Pempkowiak J. Significance of groundwater discharge along the coast of Poland as a source of dissolved metals to the southern Baltic Sea // *Mar. Pollut. Bull.* - 2016. - V. 109, 1. - pp. 151-162.
14. Szymczycha B., Miotk M., Pempkowiak J. Submarine Groundwater Discharge as a Source of Mercury in the Bay of Puck, the Southern Baltic Sea // *Water Air Soil Pollut.* -2013. - No. 224: 1542.
15. Rodellas V. et al. Submarine groundwater discharge as a major source of nutrients to the Mediterranean Sea // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. - 2015. - Vol. 112. - №13. - pp. 3926-3930.
16. Burnett W.C. et al. Quantifying submarine groundwater discharge in the coastal zone via multiple methods // *Sci. Total Environ.* - 2006. - №367. - pp. 498-543.
17. Moore W.S. The subterranean estuary: a reaction zone of ground water and sea water // *Mar. Chem.* - 1999. - № 65. - pp. 111–125.
18. Lidzbarski M. Groundwater Discharge in the Baltic sea Basin // *Geochemistry of Baltic Sea surface sediments*. Polish Geological Institute — National Research Institute. - Warsaw, 2011. - pp. 138-145.
19. Зекцер И.С., Куделин Б.И. К вопросу о подземном стоке в Балтийское море / И.С. Зекцер // *Труды ГГИ*. - 1965. - Вып. 122. - С. 82-86.
20. Геология Балтийского моря / под ред. В.К. Гуделиса, Е.М. Емельянова. - Вильнюс: Мокслас, 1976. - 384 с.
21. Peltonen K. Direct Groundwater Inflow to the Baltic Sea. - 2002. - 81 p.
22. Геология и геоморфология Балтийского моря / под ред. А.А. Григялиса. - Л.: Недра, 1991. - 420 с.
23. Зекцер И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды. - М.: Научный мир, 2001. - 328 с.
24. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности / под ред. Ф.С. Терзиева. - СПб: Гидрометеоиздат, 1992. - Т. III. Балтийское море. - Вып. 2. - 434 с.
25. Воронов А.Н., Вивенцова Е.А. Характеристика подземного стока в Финский залив // *Водные ресурсы*. – 2004. - Т. 31. - №6. - С. 651-660.
26. Schlüter M. et al. Spatial distribution and budget for submarine groundwater discharge in Eckernförde Bay (Western Baltic Sea) // *Limnol. Oceanogr.* - 2004. - Vol. 49. - pp. 157–167.
27. Piekarek-Jankowska H. Zatoka Pucka jako obszar drenazu wod podziemnych. Gdansk, Wyd. UG. - 1994. 104 p.
28. Михневич Г.С., Кречик В.А., Крек А.В., Данченков А.Р. Взаимодействие морских и подземных вод в прибрежной зоне Юго-Восточной Балтики и его экологические последствия // В сборнике «Балтийский морской форум. Материалы VII Международного Балтийского морского форума». Калининград: Изд-во БГАРФ, КГТУ. - 2019. - Т. 3. VII Международная научная конференция «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». - С. 369-380.
29. Михневич Г.С., Кречик В.А., Крек А.В., Данченков А.Р. Роль субмаринной разгрузки подземных вод в формировании морских экосистем юго-восточной Балтики // В сборнике: Проблемы регионального развития в начале XXI века. Материалы международной научной конференции. Под редакцией Г.М. Федорова, Л.А. Жиндарева, А.Г. Дружинина, Т. Пальмовского. - Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта. - 2019. С. 244-252.
30. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Неман и рек бассейна Балтийского моря (русская часть в Калининградской области. Книга 1. Общая характеристика речного бассейна. - Невско-Ладужское бассейновое водное управление Федерального агентства водных ресурсов, 2014. - 220 с.
31. Семенчук, А.В. Условия формирования подземных вод Балтийской косы (Калининградская область): дис. ... канд. геол.-минерал. наук: 25.00.07 / Семенчук Александр Владимирович; ВСЕГЕИ. – Санкт-Петербург, 2018. – 152 с.

32. Соловов А. П., Архипов А. Я., Бугров В. А. и др.: «Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых». - М.: Недра, 1990. - 335 с.

33. Емельянов Е.М., Кравцов В.А. О причинах повышенных содержаний мышьяка в Балтийском море и Вислинском заливе // Геохимия. - 2007. - №8. - С. 871-888.

## **HEAVY METAL TRANSPORTATION WITH GROUNDWATER DISCHARGE INTO THE BALTIC SEA**

<sup>1</sup>Mikhnevich Galina Sergeyevna, PhD in Geography, Associate Professor, Department of Ocean Geography

<sup>2</sup>Krechik Victor Antonovich, Research Scientist, Laboratory of Geoecology

<sup>2</sup>Krek Alexander Vladimirovich, Research Scientist, Laboratory of Geoecology

<sup>2</sup>Danchenkov Alexander Romanovich, Junior Researcher, Laboratory of Geoecology

<sup>1</sup>Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia, e-mail: mi78galina@mail.ru

<sup>2</sup>Atlantic Branch of the Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Kaliningrad, Russia, e-mail: myemail.gav@mail.ru; av\_krek\_ne@mail.ru; swdartvader@mail.ru

*Submarine discharge of groundwater, along with river runoff and atmospheric transport, can be one of the most important ways of input of heavy metals into the Baltic Sea. For the first time, the values of the underground runoff of heavy metals from two aquifers from the territory of the Kaliningrad Peninsula to the adjacent Baltic sea aquatirium were estimated. The maximum input is formed by iron (32,5 t/year) and manganese (2,6 t/year). Trace elements are supplied with underground runoff in volumes from 1,6 kg/year (cadmium) to 82 kg/year (mercury). The results are generally comparable to the values of the runoff of heavy metals obtained by Polish scientists for the Puck Bay.*

УДК 628.394.17(268.45)

## **ХЛОРОРГАНИЧЕСКИЕ ПЕСТИЦИДЫ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ**

Новиков Михаил Аркадьевич, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории химико-аналитических исследований

ФГБНУ «Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («ПИНРО» им. Н.М. Книповича)», Мурманск, Россия, e-mail: mnovik@pinro.ru

*На многолетних данных рассмотрено распределение содержания хлорорганических пестицидов – гексахлорбензола, гексахлорциклогексана и ДДТ в донных отложениях Баренцева моря. Цель работы – оценить уровень загрязнения донных осадков пестицидами. Обработаны результаты анализа проб с 696 станций, выполненных в морских экспедициях «ПИНРО» им. Н.М. Книповича с 2003 по 2019 г. Представлены карты распределения содержания изученных пестицидов в осадках Баренцева моря. Наиболее загрязненными оказались отложения района Центрального и Медвежинского желобов.*

Химизация сельского хозяйства привела к появлению в окружающей среде качественно новых высокотоксичных химических соединений. Наиболее известные из них – хлорорганические пестициды (ХОП). Наиболее известные из них – это гексахлорбензол (ГХБ), гексахлорциклогексан (ГХЦГ) и ди-

хлордифенилтрихлорметилметан (ДДТ). ХОП обладают рядом общих свойств, таких как чрезвычайно высокая токсичность, способность накапливаться в тканях живых организмов, длительное время сохраняться в среде обитания, переноситься на дальние расстояния и очень медленно разлагаться под воздействием естественных природных факторов. Считают, что воздействие ХОП на биоту значительно сильнее в Арктике, чем в низких широтах, т.к. накапливаются они именно там [1-5]. Распространению ХОП в Арктике из-за их высокой потенциальной опасности уделяется большое внимание [1, 2, 5, 6-8]. Все ХОП токсичны для водных организмов и вызывают долговременные изменения в водной экосистеме. В результате аккумуляции ХОП в живых организмах рыба, хищные птицы, млекопитающие и человек, находясь в верхней части пищевой цепи, подвергаются наибольшей опасности [6]. В России в настоящее время мониторинг ХОП в компонентах окружающей среды ведется, по нашему мнению, в недостаточном объеме. В виде отдельной системы наблюдений он практически не существует. В ряде случаев, измерение содержания ХОП присутствует в ведомственных системах экологического мониторинга. Кроме того, элементы этой системы для ограниченного перечня ХОП (ДДТ, ДДЕ, ГХБ, изомеры ГХЦГ) включены в программы работ государственной наблюдательной сети Росгидромета (поверхностные воды, морская вода, почва, донные отложения) [9].

Баренцево море – самое западное из морей Северного Ледовитого океана, омывающих берега России; оно представляет собой сравнительно мелководный эпиконтинентальный водоем, благодаря особенностям рельефа дна которого осуществляется обширная связь с окружающими морями [10]. Основными источниками поступления загрязненных взвешенных веществ в Баренцевом море являются: терригенный сток, принос из Европы водами Норвежского течения, перенос дрейфующими льдами, трансграничный атмосферный перенос в виде аэрозолей и др.

Целью работы было оценить уровень загрязнения донных отложений (ДО) Баренцева моря ХОП и проанализировать возможные пути поступления пестицидов в Западную Арктику.

### Материал и методы исследований

Материалом для исследований служили пробы поверхностного слоя ДО, отобранные сотрудниками “ПИНРО” им. Н.М. Книповича в морских экспедициях по исследованию состояния водных биоресурсов и среды их обитания. Для отбора проб ДО использовали дночерпатель Ван Вина с площадью захвата не менее 0,1 м<sup>2</sup>. Каждая проба сырого осадка помещалась в отдельные полиэтиленовые пакеты по 1 кг, после чего пробу подвергали заморозке при температуре –20°С и хранили в темноте. Всего в период 2003–2019 гг. было обработано 696 станций на содержание ГХБ, ГХЦГ и ДДТ. Расположение станций отбора проб показано на рис. 1. Уровни содержания ХОП в ДО определялись в лаборатории химико-аналитических исследований ПИНРО по аттестованным методикам.

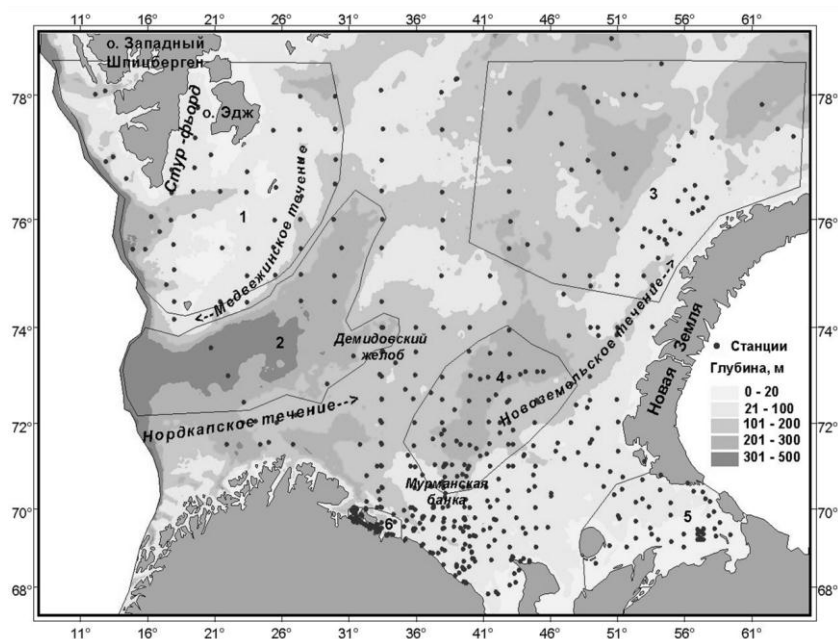


Рис. 1. Карта Баренцева моря с указанием дополнительных районов анализа данных: 1 – южный участок шельфа Шпицбергена, 2 – район Медвежинского желоба, 3 – Северо-Восточная часть моря, 4 – район Центрального желоба (впадины), 5 – Юго-Восточная часть моря (Печорское море), 6 – район Кольского залива, и упоминаемыми географическими названиями

Определение содержания ХОП в пробах ДО выполняли по известной методике М-МВИ-209-08 [11]. ХОП из ДО экстрагировали органическими растворителями (смесь *n*-гексана и ацетона в отношении 3:1) на ультразвуковой бане в течение 30 мин. Пестициды  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -ГХЦГ, ГХБ и метаболиты ДДТ (о,p'-ДДЕ, p,p'-ДДЕ, о,p'-ДДД, p,p'-ДДД, о,p'-ДДТ, p,p'-ДДТ) определяли методом капиллярной газовой хроматографии на хромато-масс-спектрометре GCMS-QP2010 Plus «Shimadzu» (Япония) с капиллярной кварцевой колонкой длиной 30 м. Идентификацию соединений проводили в режиме SIM (метод выбранных ионов). Количественное определение осуществляли с использованием многоуровневой калибровки тестовыми смесями, приготовленными из сертифицированных кристаллических стандартов ХОП фирмы «Promochem» (Швеция). Содержание ХОП представляли в нг/г сухой массы осадка.

Статистический анализ данных проводили в среде прикладного пакета программ Statistica 10. Картографирование выполняли в среде ГИС-приложения Arcview 3.1. С использованием ГИС-технологий в рамках акватории Баренцева моря дополнительно выделяли шесть отдельных участков: район Шпицбергена – участок шельфа к югу от о. Западный Шпицберген, район Медвежинского желоба, включая его ответвление – Западный желоб, Северо-Восточный район, Юго-Восточный район (Печорское море), район Центрального желоба (впадины) и район Кольского залива. Для Северо-Восточного района характерно наличие ряда глубоководных участков, известных под названиями: впадина Альбанова, Северо-Восточная котловина, желоб Седова. Юго-Восточный район – наиболее мелководная часть Баренцева моря с преобладающей глубиной 20-50 м. Под районом Кольского залива подразумевали прибрежные воды так называемого Западного и части Восточного Мурманов, подвергающиеся антропогенному воздействию материкового стока (см. рис. 1).

### Результаты исследований и их обсуждение

Среднее содержание ГХБ в ДО Баренцева моря было максимальным в районе Шпицбергена, где оно составило 0,77 нг/г (табл. 1). Это значение заметно выше такового – около 0,3 нг/г сухой масс осадка, отмеченного зарубежными исследователями на станциях прибрежной зоны этого архипелага в 1997 г. [1] и выше принятого в Норвегии фоновое значения для ДО прибрежной зоны Норвежского моря – 0,5 нг/г сухой массы [12]. Отметим, что за последние двадцать лет ГХБ одно из немногих ХОП, концентрации которого в воздухе Арктики не имеют очевидного тренда на снижение. На ряде станций отмечено увеличение концентраций ГХБ, что можно объяснить потеплением Арктики и продолжающейся эмиссией загрязнения из ряда источников [13].

Таблица 1

**Среднее содержание изученных ХОП в ДО некоторых районов Баренцева моря (числитель) и доверительный интервал (знаменатель), нг/г**

Район	Число станций	$\Sigma$ ГХЦГ	ГХБ	$\Sigma$ ДДТ	Сумма ХОП
Шельф Шпицбергена	39	0,84 0,69–0,99	0,77 0,65–0,89	1,00 0,89–1,11	2,61
Центральный желоб	78	4,19 2,86–5,52	0,21 0,17–0,25	1,46 1,14–1,78	5,86
Северо-Восточный	68	0,86 0,65–1,07	0,21 0,17–0,25	1,43 1,21–1,65	2,49
Печорское море	73	0,50 0,41–0,59	0,11 0,09–0,13	0,92 0,72–1,12	1,53
Кольский залив	79	1,87 1,28–2,46	0,16 0,14–0,18	1,28 0,95–1,61	3,31
Медвежинский желоб	19	3,18 1,48–4,88	0,18 0,12–0,24	1,00 0,78–1,22	4,36
Баренцево море	696	1,65 1,44–1,86	0,19 0,17–0,21	1,12 1,04–1,20	2,97

Исследования, выполненные норвежскими исследователями на станции Цеппелин (Нью-Олесунн, о. Западный Шпицберген) в 2013 г. показали, что содержание ГХБ в приземном слое ат-

мосферы ( $83 \text{ пг/м}^3$ ) в десятки раз превышало содержание остальных ХОП – суммы ГХЦГ ( $5,7 \text{ пг/м}^3$ ) и ДДТ ( $0,6 \text{ пг/м}^3$ ) [14]. Ранее, для Нью-Олесунна норвежские исследователи приводили данные о высоком содержании ГХБ, составлявшем в 1999 г. более  $90 \text{ пг/м}^3$ , такие же значения были получены и для приземного атмосферного слоя на о. Медвежий (Bear Island) в Баренцевом море [1, 15]. Содержание остальных ХОП в 1999 г. также было значительно ниже, чем ГХБ [15]. Поскольку ГХБ никогда не использовался на Шпицбергене, это свидетельствует о дальнем переносе пестицида на архипелаг. По данным [16], содержание суммы хлорбензолов в верхнем (0–5 см) слое ДО залива Гренфьорд (Шпицберген) в 2002-2013 гг. варьировало в широких пределах: в прибрежной части залива Гренфьорд средние значения составляли  $0,12 \text{ нг/г}$  сухой массы, а максимальное –  $3,05 \text{ нг/г}$  сухой массы; в центральной части залива эти значения составляли  $0,04$  и  $1,2 \text{ нг/г}$  соответственно [16]. Следовательно, на основе вышеприведенных и наших данных можно говорить об депонировании в отложениях шельфа Шпицбергена ГХБ, поступающего в регион в результате дальнего трансграничного переноса. Это может быть, как атмосферный перенос на поверхность архипелага, с последующим терригенным стоком с море, так и поступление загрязнения с севера с морскими водами поступающими из пролива Фрама.

Известно, что абсолютное содержание ГХБ в атмосфере Земли растет с увеличением широты. Полагают, что эта группа соединений в атмосфере проходит холодную конденсацию с повторным испарением («эффект кузнечика») и способна к дальнему переносу [5].

Согласно карте, приведенной на рис. 2, основное загрязнение ГХБ наблюдается в ДО пролива Стур-фьорд, прибрежной зоны о. Эдж и к западу от о. Западный Шпицберген. При этом, ДО в области влияния Нордкапского течения (Северная и Прибрежная ветви), т.е. практически всей области влияния теплых атлантических вод в Баренцевом море вплоть до юго-восточной его части имеют минимальный уровень загрязнения ГХБ. Некоторое исключение составляют ДО центральной части моря – районов Финмаркенской банки и восточного склона Центрального желоба.

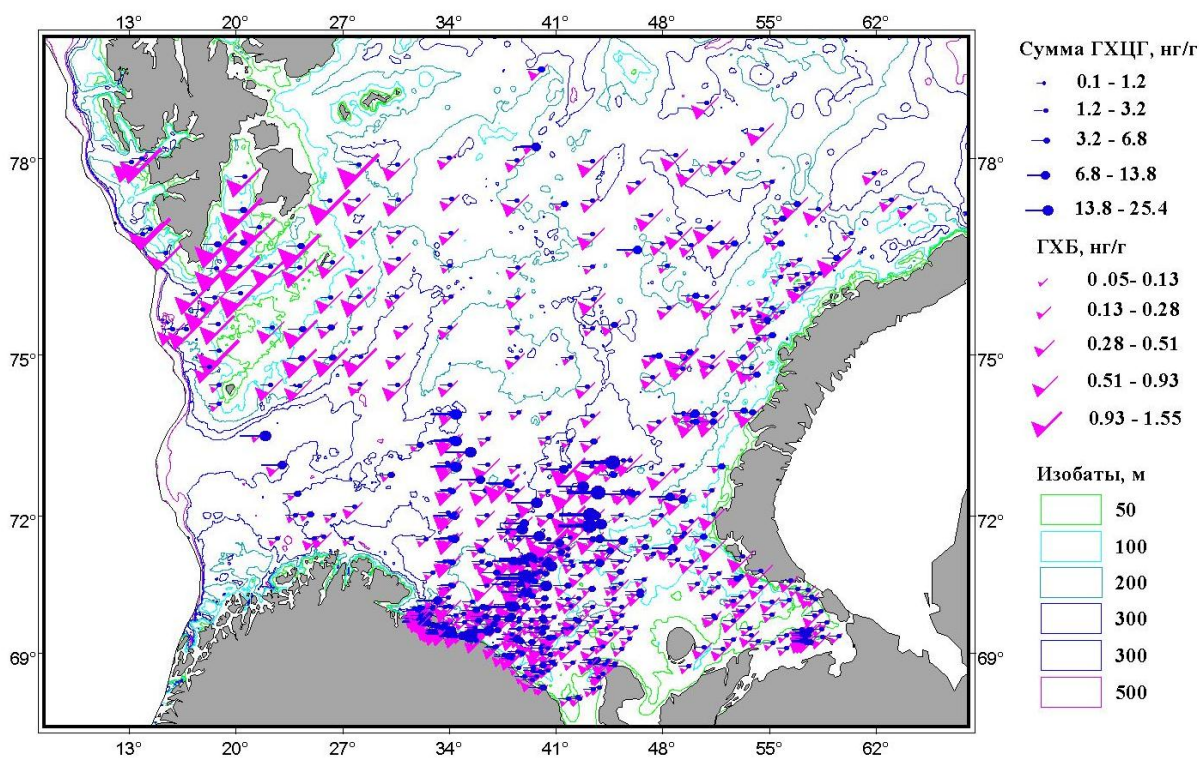


Рис. 2. Распределение загрязнения поверхностного слоя осадков Баренцева моря ГХБ и ГХЦГ

Для содержания ДДТ в ДО Баренцева моря, характерно распространение загрязнения в общем направлении с севера-востока на юг (рис. 3). Наибольшее среднее содержание ДДТ отмечено в Северо-Восточном районе и в Центральном желобе (см. табл. 1). Максимальное значение обнаружено на станциях, выполненных в Кольском заливе ( $8,1 \text{ нг/г}$ ). В юго-восточной части моря прослеживается аккумуляция ДДТ в ДО у берегов южного о-ва Новой Земли в Южно-Новоземельском

желобе. В целом среднее содержание ДДТ в ДО Баренцева моря можно считать относительно низким (безопасным), но превышающем, установленный для ДО Норвежского моря фон (0,5 нг/г) [12], что свидетельствует не в пользу поступления загрязнения ДДТ с водами Норвежского течения из Западной Европы. Содержание изомера p,p'-ДДЕ было выше содержания изомера p,p'-ДДТ на всех исследованных станциях Баренцева моря, что свидетельствует о длительном процессе трансформации ДДТ в более стойкие метаболиты, т.е. о «старом» загрязнении [17]. Максимальное содержание ДДТ в ДО Баренцева моря отмечено нами в ДО восточного склона Центрального желоба (7,25 нг/г). Факт содержания ДДТ в ДО Центральной впадины на уровне максимальных для Баренцева моря значений уже отмечался другими исследователями [18]. Согласно нашим данным, собственно для котловины желоба – глубже изолинии 300 м, высокое загрязнение было не характерно.

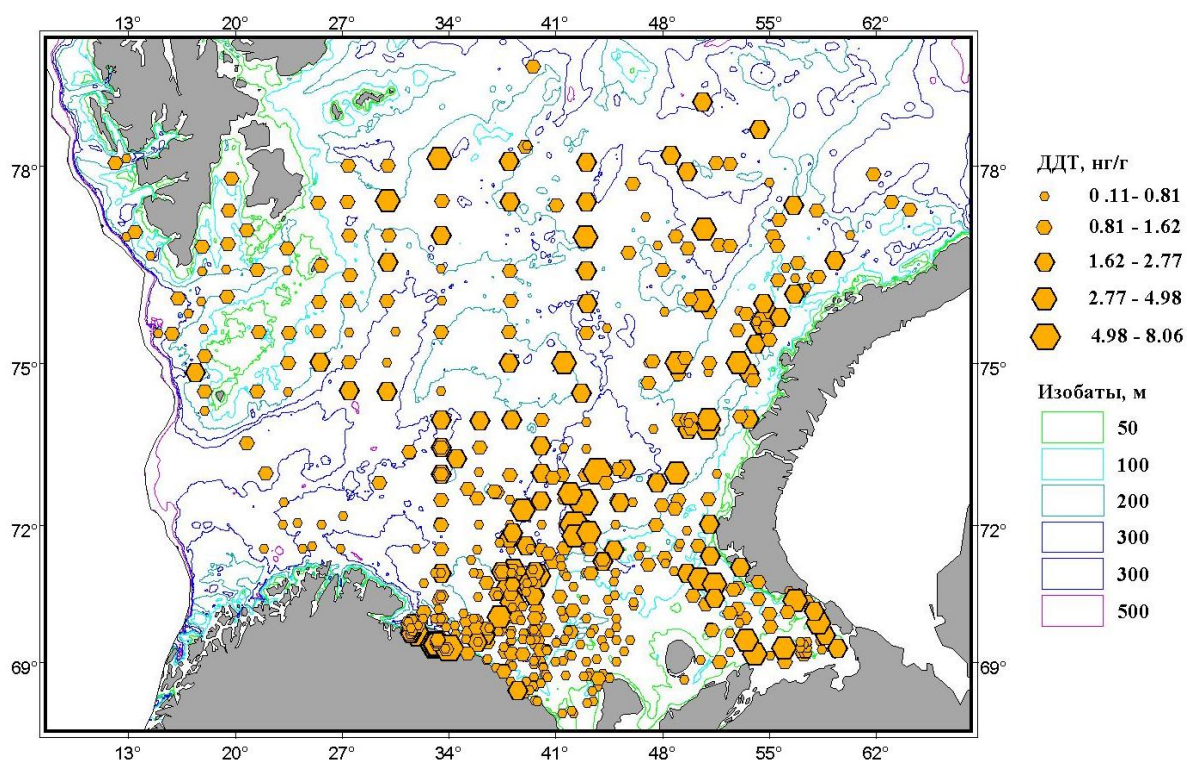


Рис. 3. Распределение загрязнения поверхностного слоя осадков Баренцева моря ДДТ

На рис. 2 и 3 видно, что значительный уровень загрязнения ДО ГХБ и ДДТ наблюдается в северной части Баренцева моря. В южной части моря, напротив, наблюдается низкий уровень содержания данных поллютантов, особенно у юго-западной его части. Исключение в отношении ДДТ составляет район Кольского залива, вероятно, сильно загрязненный стоками Мурманской агломерации [19] и окраина юго-восточной части, загрязненная стоками реки Печоры и, возможно, течением Литке.

Как видно из рис. 2, ГХЦГ в Баренцевом море накапливается преимущественно в ДО восточных склонов Центрального и Медвежинского желобов, а также на Мурманской банке. Последнее хорошо согласуется с данными других исследователей [18]. Говоря о Медвежинском желобе в контексте данного исследования, мы имеем ввиду только его восточную часть, называемую иногда Демидовским желобом (см. рис. 1). Приведенные в табл. 1 средние значения содержания суммы ГХЦГ в ДО в большинстве случаев превышают известный норматив фонового содержания  $\gamma$ -ГХЦГ (линдана) в ДО Норвежского моря 1,1 нг/г [12], но здесь следует учитывать, что в определяемой нами сумме гексахорциклогексанов преобладает  $\alpha$ -ГХЦГ (старое загрязнение).

Известно, что динамика содержания ГХЦГ в атмосферном воздухе в целом типична для ХОП, для которых характерен концентрационный цикл с более высоким содержанием в период лета осени и низким зимой-весной [4].

Весьма высокий коэффициент корреляции пары ГХЦГ-ДДТ  $r_p = 0,90$  в ДО станций района Центрального желоба и средний  $r_p = 0,51$  для Баренцева моря в целом свидетельствует о том, что оба пестицида с большой долей вероятности поступают в район Центральной впадины одним пу-

тем, и этот путь не связан непосредственно с глобальным атмосферным переносом на акваторию, а связан, очевидно, с переносом загрязненной взвеси придонными течениями. Как следует из наших данных прямой перенос загрязнения из Западной Европы в Баренцево море не прослеживается. Содержание ХОП в ДО наименьшее именно в юго-западной и южной частях моря. Мы предполагаем, что перенос ГХЦГ, и возможно ДДТ, на дальние расстояния происходит в результате транспорта взвеси в придонном нефелоидном слое, а также в результате каскадинга [20-22]. Принесенная из смежных областей взвесь откладывается на склонах и дне желобов в геоморфологических «ловушках», главной из которых в Баренцевом море является Центральный желоб.

Среди анализируемых шести районов Баренцева моря наиболее схожи по характеру загрязнения ХОП оказались Медвежинский и Центральный желоба. Так, относительное содержание ГХЦГ, ГХБ и ДДТ в сумме ХОП в районе Центрального желоба составляло 71, 4 и 25 % соответственно, а в районе Медвежинского желоба – 73, 4 и 23 % соответственно. Это сходство, весьма вероятно, не случайно. В других выделенных районах относительное содержание компонентов ХОП широко варьировало. Более высокие средние концентрации ХОП в Центральном желобе свидетельствуют о том, что с придонной водой взвешенное вещество перемещается из него в Медвежинский желоб, точнее в ту его часть, которая обозначена нами как Демидовский желоб. Это предположение согласуется с известным утверждением, что насыщенные взвесью придонные баренцевоморские воды перемещаются в западном направлении, компенсируя приток атлантических вод [20, 22]. Перемещение взвеси вероятно происходит в придонном нефелоидном слое (горизонтальные латеральные течения), или она попадает в желоб в результате каскадинга (градиентные течения). Считают, что в сутки с придонными течениями из Баренцева моря через Демидовскую возвышенность выносятся около 40 тыс. т взвеси, а через Демидовский желоб – около 50 тыс. т [22].

Отрицательная корреляция содержания ГХЦГ и ГХБ в ДО Медвежинского желоба на уровне  $r_p = -0,47$  подтверждает отмеченный выше разнонаправленный характер их поступления в район. В результате ГХЦГ аккумулируется преимущественно в восточной части желоба, а ГХБ в небольшом количестве отмечен в его северной части.

Весьма важное следствие из данных представленных в табл. 1 заключается в том, что суммарное загрязнение ДО Центрального желоба ХОП происходит на уровне ДО акваторий, прилегающих к Кольскому заливу. Это подтверждает высказанное нами ранее предположение, что Центральный желоб является важным депонирующим загрязнение районом Баренцева моря [23, 24]. Причем нисходящий поток взвеси, включающий загрязнение, может также поступать в него из Печорского и Белого морей через Гусиный и Канинский желоба [25]. Следует отметить, что повышенному содержанию ХОП в ДО Центрального и Демидовского желобов и т.п. может способствовать их гранулометрический состав. А именно то, что эти депрессии заполнены преимущественно тонкозернистыми отложениями – илом и глиной. Известно, что этот тип отложений способствует аккумуляции загрязнения органическими соединениями [18, 24].

Анализ наших и норвежских данных не обнаруживает заметной связи распространения содержания ГХБ, ДДТ и ГХЦГ по акватории Баренцева моря с переносом загрязнения поверхностным Норвежским, а затем Нордкапским течением от берегов Европы [23, 27, 28].

Можно предположить, что архипелаг Шпицберген является одним из важных конечных пунктов транспорта загрязненного аэрозоля из Западной Европы Северной Америки в Арктику, что, в значительной мере, связано со сильным смещением арктического атмосферного фронта летом на север, особенно заметное в районе Шпицбергена [1, 3].

## Выводы

Наиболее загрязненными хлорорганическими пестицидами в Баренцевом море являются ДО Центрального и Медвежинского желобов со средним значением суммарного их содержания 5,86 и 4,36 нг/г сухой массы соответственно, а наименее – ДО Печорского моря с содержанием ХОП в среднем 1,53 нг/г. В целом, наименее загрязнены пестицидами ДО юго-восточной и юго-западной частей моря, разделенные Мурманской банкой, ДО которой на западном и северном склонах, в свою очередь, имеют относительно высокий уровень содержания ХОП.

Рассеянное загрязнение ДДТ, отмеченное в северо-восточном районе Баренцева моря, с тенденцией его возрастания в южном направлении, свидетельствует в пользу наличия в регионе потока



загрязненной взвеси из Арктики – районов разгрузки и образования льда, на юг, вероятно, с придонными латеральными и нисходящими градиентными течениями с возвышенностей и банок.

Гексахлорбензолом наиболее загрязнены ДО южной части шельфа архипелага Шпицберген, причем весьма вероятно, что аккумулированное ранее загрязнение поступает с поверхности островов. Направление поступления загрязнения ГХЦГ в центральный район Баренцева моря однозначно не идентифицируется, но высокий коэффициент корреляции содержания ГХЦГ и ДДТ в ДО Центральной впадины свидетельствует в пользу транзита ГХЦГ в область депонирования со стороны Арктического бассейна.

Основными источниками, формирующими загрязнение пестицидами ДО северной части Баренцева моря, вероятно, являются: дальний трансграничный перенос, поступление поллютантов из Арктики в результате таяния многолетних дрейфующих льдов, а также результате таяния ледников на архипелагах Шпицберген, Земля Франца-Иосифа и Новая Земля (разгрузка накопленного загрязнения). Устойчивые тенденции возрастания содержания ГХЦГ, ГХБ и ДДТ в ДО Баренцева моря за исследованный период (2003-2019 гг.) не обнаружены.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. AMAP Assessment 2002: Persistent Organic Pollutants in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme. – Oslo, Norway, 2004. – 310 p.
2. Arctic Pollution 2009. Arctic Monitoring and Assessment Programme. – Oslo, Norway, 2009. – 83 p.
3. AMAP Assessment 2015: Black carbon and ozone as Arctic climate forcers. Arctic Monitoring and Assessment Programme. – Oslo, Norway, 2015. – 116 p.
4. AMAP Assessment 2016: Chemicals of Emerging Arctic Concern. Arctic Monitoring and Assessment Programme. – Oslo, Norway, 2017. – 353 p.
5. Wania F. Assessing the potential of persistent organic chemicals for long-range transport and accumulation in polar regions // *Environmental Science and Technology*. – 2003. – V. 37. – P. 1344-1351.
6. Диагностический анализ состояния окружающей среды Арктической зоны Российской Федерации (Расширенное резюме). ЮНЕП, ГЭФ / Отв. редактор Б. А. Моргунов. – М.: Научный мир, 2011. URL:<http://do.gendocs.ru/docs/index-37910.html> (дата обращения: 21.01.2019)
7. Persistent Organic Pollutants in the Environment / V. Shatalov, A. Gusev, S. Dutchak, O. Rozovskaya et al. – EMEP Status Report 3/2010. – 2010. – 101 p.
8. Persistent Organic Pollutants in the Environment / A. Gusev, O. Rozovskaya, V. Shatalov, W. Aas et al. – EMEP Status Report 3/2014. – 2014. – 60 p.
9. Запевалов М.А. Мониторинг стойких органических загрязнителей – объективный и независимый инструмент оценки эффективности Стокгольмской конвенции о СОЗ (2001) // *Химическая безопасность*. – 2018. – Т. 2, № 2. – С. 295-307.
10. Воды Баренцева моря: структура, циркуляция, изменчивость / В.К. Ожигин, В.А. Ившин, А.Г. Трофимов и др. – Мурманск: ПИПРО, 2016. – 260 с.
11. Методика выполнения измерений массовой доли хлорорганических пестицидов в пробах почв и донных отложений методом хромато-масс-спектрометрии с изотопным разбавлением, ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт им. Д.И. Менделеева», св. № 242/41-08 от 16.06.89 (М-МВИ-209-08).
12. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter / T. Bakke, G. Breedveld, T. Kællgvist et al. – SFT Veiledning, 2007. – 12 p. (in Norwegian).
13. Temporal trends of Persistent Organic Pollutants (POPs) in arctic air: 20 years of monitoring under the Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) / H. Hung, A.A. Katsoyiannis, E. Brorstrom-Lunden, K. Olafsdottir et al. // *Environmental Pollution*. – 2016. – V.217. – P. 52-61.
14. Monitoring of environmental contaminants in air and precipitation, Annual Report 2013. Report M202-2014. – Oslo, Norway: Norwegian Institute for Air Research (NILU), 2014. – 99 p.
15. Evenset A., Christensen G., Kallenborn R.T. The “Bjørnøya Case”. *Akvaplan-niva report*. – Tromsø, Norway, 2002. – 33 pp.
16. Демешкин А.С. Геоэкологическая оценка состояния природной среды в районе расположения российского угледобывающего рудника Баренцбург на архипелаге Шпицберген: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – СПб.: РГГМУ, 2015. – 22 с.

17. Chernyak S.M., McConnel L.L., Rice C.B. Fate of some chlorinated hydrocarbons in arctic and far eastern ecosystems in the Russian Federation // *Sci. Total Environ.* – 1995. – V. 160/161. – P. – 75-85.
18. Ильин Г.В., Усягина И.С., Касаткина Н.Е. Геоэкологическое состояние среды морей российского сектора Арктики в условиях современных техногенных нагрузок // *Вестник Кольского научного центра РАН.* – 2015. – № 2 (21). – С. 82-93.
19. Кольский залив: освоение и рациональное использование / [Отв. ред. Г.Г. Матишов]; Мурман. мор. биол. ин-т КНЦ РАН. – М.; Наука, 2009. – 381 с.
20. Новые данные о поперечной структуре латеральных потоков взвешенного вещества по периферии Баренцева моря / Н.А. Айбулатов, В.А. Матюшенко, В.П. Шевченко, Н.В. Политова и др. // *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология.* – 1999. – № 6. – С. 526-540.
21. Лукашин В.Н., Щербинин А.Д. Исследование гидрологических особенностей взвеси и потоков осадочного вещества в толще воды Медвежинского желоба // *Океанология.* – 2007. – Т.47, № 1. – С. 78-89.
22. Латеральные потоки взвешенного вещества на разрезе “Кольский меридиан” / М.В. Митяев, М.В. Герасимова, Л.Г. Павлова, Е.И. Дружкова // *Труды КНЦ РАН.* – 2018. – Т. 9, № 4-5. – С.109-117.
23. Новиков М.А. К вопросу о фоновых значениях уровней содержания тяжелых металлов в донных отложениях Баренцева моря // *Вестник МГТУ.* – 2017. – Т. 20, № 1/2. – С. 280-288.
24. Новиков М.А. Применение цифровой модели донных отложений Баренцева моря для анализа загрязнения // *Вестник Кольского научного центра РАН.* – 2018. – № 3 (10). – С. 205-209.
25. Зинченко А.Г. Геоморфологическая основа комплексных ландшафтно-геоэкологических исследований Баренцева моря // *Опыт системных океанологических исследований в Арктике.* – М.: Научный Мир, 2001. – С. 476-481.
26. Sander D.M., Holland A.F., Scott G.I. Tidal creek and salt marsh sediment in South Carolina coastal estuaries. II. Distributoin of organic contaminants // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* – 1999. – Vol. 37. – P. 458-471.
27. Новиков М.А., Драганов Д.М. Пространственное распределение показателей загрязнения водных масс Баренцева моря // *Водные ресурсы.* – 2017. – Т. 44, № 5. – С.583-589.
28. Sediment composition and heavy metal distribution in Barents Sea surface samples: Results from Institute of Marine Research 2003 and 2004 cruises / J. Knies, H.K.B. Jensen, T.E. Finne, A. Lepland et al. // *Report no.: 2006.067.* – Trondheim: Geological Survey of Norway (NGU), 2006. – 183 pp.

## **ORGANOCHLORINE PESTICIDES IN BOTTOM SEDIMENTS OF THE BARENTS SEA**

Novikov Mikhail Arkadievich, Cand. of Biol. Sci., leading researcher of chemical analysis laboratory

Polar branch of VNIRO ("PINRO" named after N.M. Knipovich),  
Murmansk, Russia, e-mail: mnovik@pinro.ru

*Distribution of organochlorine pesticides concentrations – hexachlorobenzene (HCB), hexachlorocyclohexane (HCH) and DDT in bottom sediments of the Barents Sea was considered based on long-term data. The goal of this paper is to assess the level of pesticides pollution in bottom sediments of the Barents Sea. The results of samples analysis from 696 stations conducted in the PINRO marine expeditions from 2003 to 2019 have been processed. Distribution maps of the studied pesticides in sediments of the Barents Sea are presented. The most polluted sediments were in the area of the Central Trough (the Eastern Basin) and the Bear Island Trough.*