

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 629.735:639.211.2(282.257.21)
EDN ZCMQCT

DOI: 10.36038/0234-2774-2025-26-4-75-84

**БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ
КАК ОДИН ИЗ ИНСТРУМЕНТОВ
ОЦЕНКИ ПОДХОДОВ ТИХООКЕАНСКИХ
ЛОСОСЕЙ В КАМЧАТСКОМ КРАЕ**

© 2025 г. **О.А. Мазникова**¹ (spin: 2366-8070), **О.В. Зикунова**² (spin: 9511-1667),
С.В. Шубкин² (spin: 5056-3752), **Е.С. Фадеев**² (spin: 7369-0194)

1 – ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Россия, Москва, 105187

*2 – Камчатский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» (КамчатНИРО),
Россия, Петропавловск-Камчатский, 683000
E-mail: maznikovao@vniro.ru*

Поступила в редакцию 20.09.2025 г.

Описан первый опыт проведения авиаучётных работ посредством беспилотных летательных аппаратов самолётного типа в ходе научного сопровождения лососевой путины в 2025 г. Актуальность выполняемых исследований обусловлена необходимостью совершенствования методов научных наблюдений и автоматизации процессов анализа данных, являющихся одной из приоритетных задач современной рыбохозяйственной науки. В результате показана эффективность применения БПЛА самолётного типа для учёта производителей тихоокеанских лососей, прежде всего нерки, в местах нереста. Данный метод демонстрирует ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционными способами аэровизуального наблюдения, обеспечивая высокую точность, воспроизводимость и возможность архивирования данных. Вместе с тем успешность реализации данного подхода определяется комплексом факторов, включая технические характеристики аппаратов, использование оптических фильтров, условия освещённости и прозрачности воды, а также грамотное планирование полётных заданий. Полученный опыт подтверждает перспективность использования беспилотных технологий в рыбохозяйственной отрасли и открывает новые возможности для развития современных методов мониторинга состояния сырьевой базы отечественного рыболовства.

Ключевые слова: тихоокеанские лососи, нерка, Камчатка, БПЛА, авиаучёты.

ВВЕДЕНИЕ

Значимость Камчатского края для рыбохозяйственной отрасли Дальнего Востока России неоспорима: регион удерживает первенство по объёму вылова тихоокеанских лососей с середины 2010-х годов (Бугаев и др., 2024; Колончин, 2025). Значимость лососевой путины для региона, определяющей его социально-экономическое развитие, предполагает трансформацию рыбохозяйственных исследований на всех этапах подготовки и научного сопровождения промысла.

В целях реализации концепции по поддержанию стабильного уровня запа-

сов тихоокеанских лососей в Камчатском крае и, как следствие, надежного обеспечения рыбной промышленности и населения региона ценными видами биоресурсов, ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» ежегодно проводит комплексные исследования, направленные на оценку состояния сырьевой базы тихоокеанских лососей и среды их обитания, а также внедрение современных методов исследований.

Учитывая специфику лососевой путины как наиболее динамичного вида промысла, критически важно контролировать число рыб, идущих на нерест. Данный механизм обес-

печивает оптимальное сочетание возможностей добывающих предприятий и сохранения репродуктивного потенциала стад, а имеющиеся систематизированные сведения о биостатистических показателях, собираемых с 1957 г., позволяют специалистам ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО») отслеживать изменения в численности лососей и разрабатывать прогнозы вылова различной заблаговременности.

В последние годы наблюдается активное внедрение беспилотных летательных аппаратов в практику авиаучётов тихоокеанских лососей, а их эффективность все чаще подтверждается современными исследованиями (Запорожец и др., 2020; Raoultetal., 2020; Дуленин и др., 2021; Свиридов и др., 2022а; Коцюк и др., 2024). Методологическая база беспилотного учёта постоянно совершенствуется. На сегодняшний день разработаны и апробированы различные подходы к проведению учётов (Запорожец, Запорожец, 2017; McKennaetal., 2019; Свиридов и др., 2022а, б; Свиридов, Поваров, 2024), что позволяет выбирать оптимальные методики для конкретных условий, адаптировать технологии под различные задачи исследования и повышать точность получаемых результатов. Соответственно, по мере развития этого направления был определён комплекс задач, требующий решения для успешной реализации подхода в границах Камчатского края, охватывающий различные аспекты внедрения и эксплуатации беспилотных авиасистем. Это прежде всего задачи технического (например, модернизация оборудования), методологического (разработка единых подходов к проведению работ, разработка системы оценки качества получаемых материалов, валидация данных) и организационного характера (например, планирование и координация работ, повышение квалификации специалистов), а также минимизации воздействия на экосистему региона.

Ключевой целью исследований на текущем этапе является комплексная оценка воз-

можностей БПЛА для мониторинга нерестовых участков и интенсивности подходов производителей тихоокеанских лососей Камчатского края.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалами для исследования послужили данные государственного мониторинга подходов и состояния запасов тихоокеанских лососей, полученные специалистами Камчатского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» (далее – «КамчатНИРО») в 2025 г., а также литературные источники.

Первоочередной задачей являлась отработка методики аэрофотосъёмки при различных режимах полётов, включающих: подбор высоты съёмки и процента перекрытия снимков. В результате были установлены ключевые параметры полётов и выбраны наиболее эффективные режимы съёмки как над низменными районами, так и в горной местности. При этом, обязательным условием фотосъёмки является отсутствие артефактов, брака, а также мутности, турбулентности, ветровой ряби, избыточного смаза, некорректной экспозиции и т.д.

Для оценки численности производителей на реках Большая и Камчатка использовали беспилотный летательный аппарат самолётного типа «Геоскан 201» (ГК «Геоскан», Россия) с камерой Riebo R6M 61Мп, (полноразмерная матрица, механический затвор), радиомодем для канала связи управления и телеметрии, встраиваемый бортовой бескорпусной навигационный спутниковый трекер «Азимут IRIDIUM/GSM+CTRL/PRWOEM». Данная модель отличается значительной дальностью полёта — до 200 км и продолжительностью пребывания в воздухе до 3-х ч, что позволяет эффективно обследовать протяжённые и труднодоступные участки водотоков.

Апробированы методы линейных аэросъёмок прибрежной акватории, речных и озёрных систем на высоте около 100 м с разрешением получаемых снимков 0,9–1,2 см/пикс. В качестве вспомогательного типа БПЛА, для

подробной авиасъёмки на сложных участках речного русла (меандры) р. Большая и уточнения видового состава скоплений, применялся Геоскан Gemini (ГК «Геоскан», Россия). Для бассейна р. Большая всего было выполнено 10 полётных миссий общей протяжённостью 900 км в период с 25 мая по 30 августа, бассейна р. Камчатка и её основных притоков – 6 полётных миссий в период с 26 июня по 20 августа общей протяжённостью 300 км (рис. 1). Карты-схемы районов исследований выполнены в QGIS Desktop 3.34.1 (Электронный ресурс) – URL: <https://qgis.org/> (дата обращения 25.05.2025 г.).

На основе полученных аэрофотоснимков подготовлены ортофотопланы и произведена первичная оценка степени заполнения нерестилищ ранней и поздней форм нерки. Посредством программы GeoscanPlanner был сформирован отчёт о полётах БПЛА с

геопривязкой большого количества полученных цифровых снимков водной акватории. Фотограмметрическую обработку отснятых фотоматериалов выполняли в ПО AgisoftMetashapeProfessional 2.2. (Электронный ресурс – URL: <https://www.agisoft.com/ru/features/professional-edition> (дата обращения 25.05.2025 г.)). Полученные ортофотопланы анализировались в настольной геоинформационной системе NextGIS QGIS. (Электронный ресурс) – URL: (<https://nextgis.ru/nextgis-qgis/> (дата обращения 25.05.2025 г.)). На завершающем этапе специалисты визуально оценивали качество фотоснимков для дальнейшего подсчёта особей.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первые авиаучётные работы с использованием беспилотных летательных аппаратов, направленные на исследования тихоокеанс-

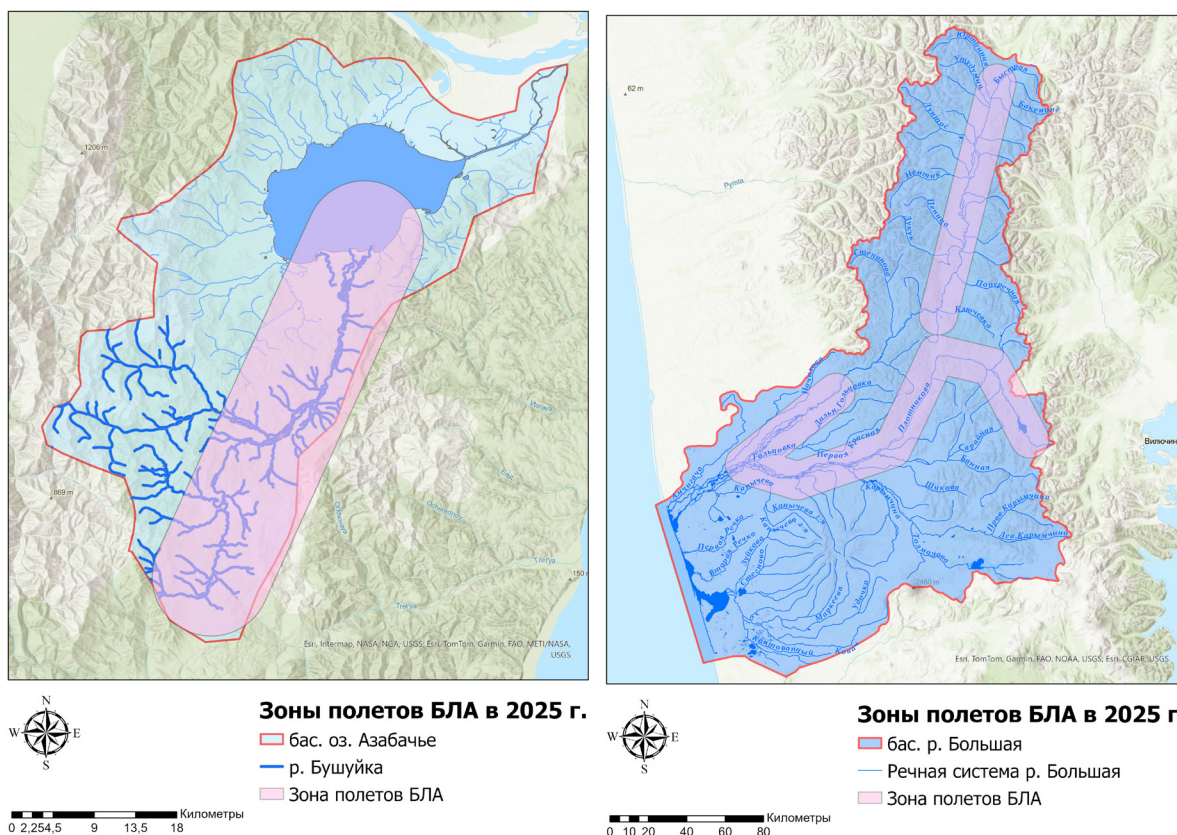


Рис. 1. Карта-схема районов исследований в бассейнах рек Большая и Камчатка с помощью беспилотных летательных аппаратов в 2025 г.

ких лососей в Камчатском крае, были начаты в начале 2010-х гг. На первых этапах работы были выполнены на водных объектах бассейна р. Камчатка (оз. Азабачье) с помощью квадрокоптеров DJI (Dajiang Innovation Technology Co, КНР), а объектом исследования являлась нерка. Получаемые данные носили прикладной характер и использовались в качестве дополнительного ориентира при оперативном регулировании промысловой обстановки и контроля учёта гидроакустической системой горизонтального зондирования – «DT-X» от BioSonics Inc (США) (Фадеев, 2022). Безусловно, учитывая обширную речную систему региона, традиционным методом для проведения авиаучётов тихоокеанских лососей, достигших нерестовых участков, является учёт с борта пилотируемых летательных аппаратов – вертолётов типа Ми-2 и Ми-8, а ежегодное количество лётных часов, необходимых для реализации работ, составляет не менее 160–200.

В 2025 г. в рамках научного сопровождения лососевой путины были инициированы исследования по оценке численности производителей тихоокеанских лососей с использованием БПЛА самолётного типа. В качестве основного объекта исследований выбраны производители нерки.

Для успешного проведения учёта особое значение имеет предполётная подготовка, первым шагом которой является разработка оптимального плана полёта. При выборе стартовых и посадочных площадок необходимо учитывать: достаточную площадь для безопасного взлёта и посадки, удалённость от лесных массивов и водных объектов, метеорологические факторы (ветер, осадки, облачность). Следует учитывать, что в условиях изменяющейся скорости и направления ветра траектория посадки может существенно отличаться от расчётной, что требует от оператора высокой квалификации и готовности к корректировке маневров. Получаемые цифровые изображения обладают пространственным разрешением, достаточ-

ным для надёжной идентификации производителей нерки на нерестилищах. Продольное перекрытие снимков составляет 85%, поперечное перекрытие – 50%, целевое превышение – 106 м, шаг – 48 м.

Подсчёт особей может осуществляться: визуальная оценка специалистами, поштучным методом с использованием как ручного, так и автоматизированного анализа изображений (Свиридов, Поваров, 2024, Потапов и др., 2025). Учитывая то, что при оценке подходов чаще всего используются оценки численности производителей на контрольных участках водотока (Gallagher, Gallagher, 2005; Фадеев и др., 2019), то мониторинг, осуществляемый методом выборочной проверки, позволяет получить не точные количественные показатели, а лишь относительные значения. Соответственно, для расчёта общих показателей пропуски необходимо провести экстраполяцию данных, учитывая при этом особенности распределения производителей по всему бассейну исследуемого водотока. Если такие коэффициенты не определены, то полученные оценки могут быть использованы в качестве индикаторов динамики численности вида, при этом оценка тотального пропуска производителей не требуется. Другими словами, учёты с помощью беспилотных аппаратов значимы независимо от применения других методов оценки, поскольку предоставляют вспомогательные показатели динамики численности и делают учётные мероприятия более убедительными за счёт возможности архивирования инструментальных данных.

Оценки пропуска производителей нерки в бассейн р. Камчатка в ходе путины текущего года, полученные беспилотным способом, в целом сопоставимы с таковыми по данным гидроакустических исследований. В результате авиаучётных работ с использованием БПЛА в основном притоке р. Камчатка – р. Бушуйка и оз. Азабачье было учтено порядка 7 тыс. производителей ранней формы и 8 тыс. поздней формы нерки (рис. 2).

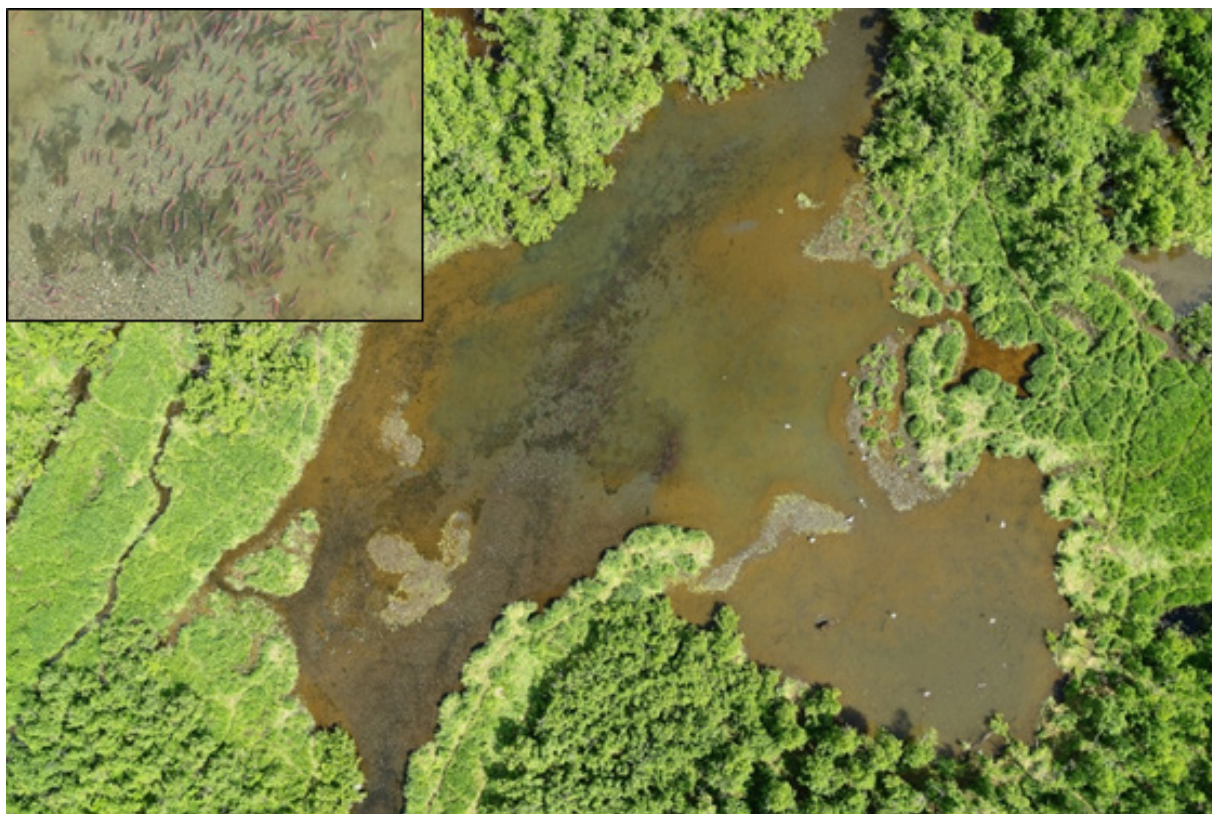


Рис. 2. Фрагмент участка р. Бушуйка со скоплениями нерки.

В качестве ключевых преимуществ применения БПЛА самолётного типа при учёте нерки можно выделить высокий пространственный охват за счёт большой дальности полёта, получение объективных цифровых данных, пригодных для многократного анализа, возможность архивирования и повторной обработки материалов, снижение субъективности. Существенным преимуществом метода является сохранение результатов съёмки, как в виде ортофотопланов, так и исходных фотоснимков и полётных треков БПЛА (рис. 3), которые могут быть многократно проанализированы.

Помимо подсчёта производителей нерки, предприняты попытки видовой идентификации тихоокеанских лососей на р. Большая в условиях плотных и разреженных скоплений. Если, например, идентификация производителей на нерестилищах не вызывает затруднений, то в условиях одновременной мигра-

ции лососей в реке значимость факторов, влияющих на точность определения видов, возрастает. В данном контексте субъективная ошибка зависит от уровня квалификации и опыта специалиста и может оказать заметное влияние на результаты наблюдений. В качестве примера на рисунке 4 представлен фрагмент ортофотоплана с производителями горбуши и кеты. Дополнительно отметим, что в случае анализа плотных скоплений, очевидна проблема индивидуального учёта производителей разных видов, в связи с этим полагаем, что в таких случаях можно рассмотреть возможность привлечения информации о типичной окраске и средних размеров идентифицируемых видов (Потапов и др., 2025).

С другой стороны, решение данной задачи может быть достигнуто посредством использования мультироторных беспилотных летательных аппаратов для дополнительного

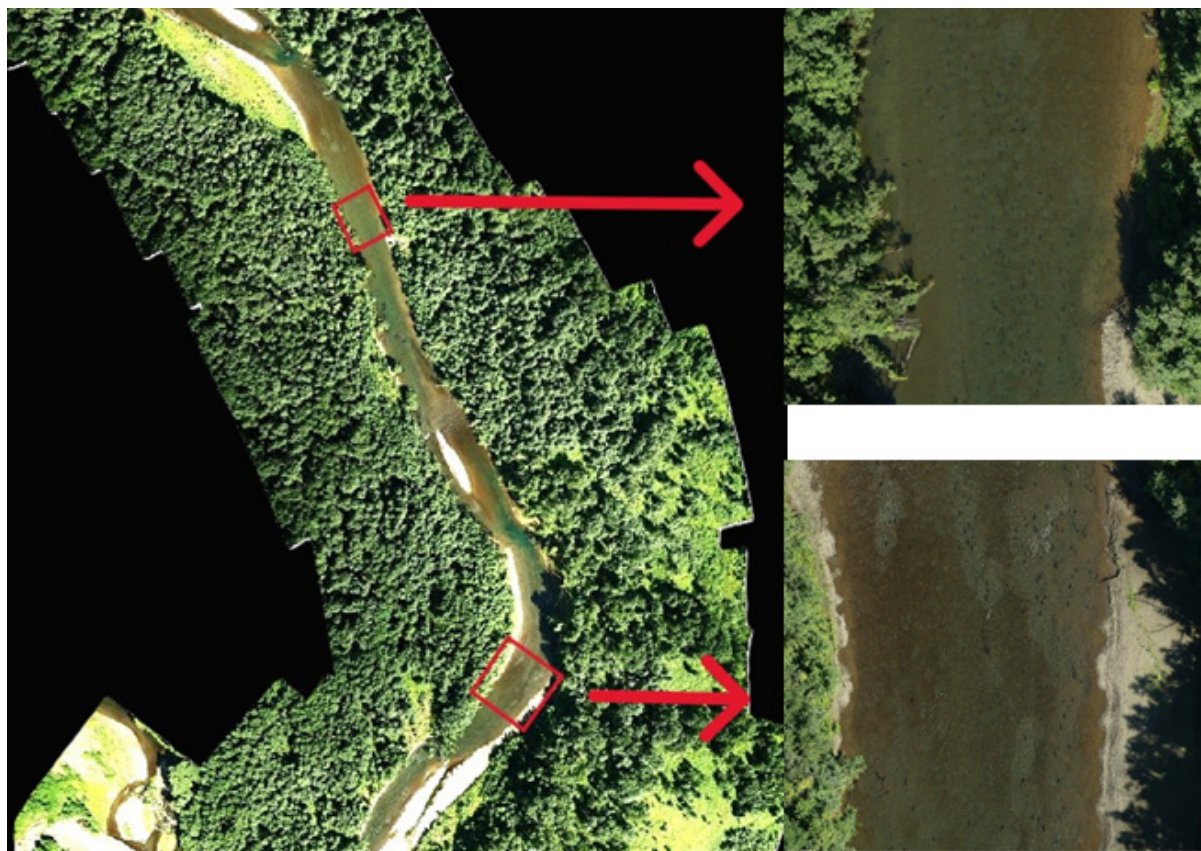


Рис. 3. Фрагмент ортофотоплана со скоплениями нерки на участке р. Бушуйка.

обследования участка водотока, что позволит обеспечить более высокую степень детализации и объективности при проведении исследований. В случае принятия оператором такого решения, необходимо предусмотреть возможность оперативного построения ортофотопланов непосредственно на месте проведения работ и организации, при необходимости, повторного вылета.

Если сравнивать процесс и результаты применения аппаратов мультироторного и самолётного типа для оценки распределения производителей в реке и заполнения нерестилищ, то можно говорить о том, что несмотря на имеющиеся как плюсы, так и минусы, видится целесообразным их совместное использование. Так, например, выбор в пользу аппарата самолётного типа может быть сделан ввиду обеспечения им возможности обследования участков протяжённостью 50–60 км за один вылет. Это делает

его использование эффективным для мониторинга средних и малых водотоков, при этом, для осуществления исследований на крупных реках бассейн разделяется на отдельные сегменты и их обследование происходит последовательно и требует смены точек вылета, учитывая ограниченность радиуса работ БПЛА. Отметим, что съёмка в данном исследовании осуществлялась в режиме «надир» (строго вертикально к поверхности земли), а для получения качественных изображений применялись поляризационные (CPL) фильтры, устраняющие блики от поверхности воды. В противном случае возникал «эффект зеркала», существенно снижающий информативность изображений. Если говорить о минусах рассматриваемых типов БПЛА, то отметим, что полёты выполняются по заранее составленному полётному заданию с использованием навигационной аппаратуры, исключая возможность оперативной коррек-

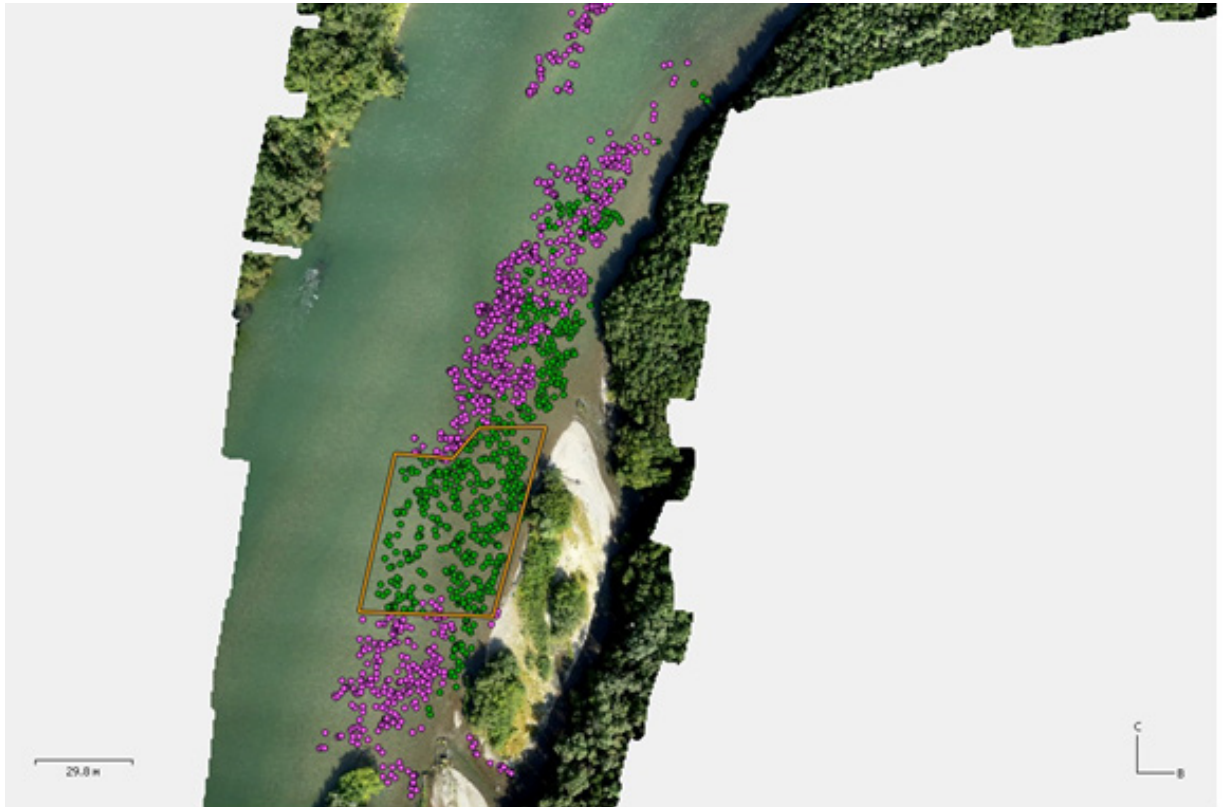


Рис. 4. Фрагмент ортофотоплана со скоплениями горбуши (розовый маркер) и кеты (зелёный маркер) (рыбы в зоне выделенного полигона предварительно определены как кета) на участке р. Большая.

ции траектории или параметров съёмки в процессе миссии. Контроль качества изображений осуществляется только после завершения полёта и выгрузки данных. Дополнительно можно выделить высокий уровень зависимости качества съёмки от наличия открытых площадок для запуска и посадки аппарата, требования к высокой квалификации оператора и технической подготовке оборудования и метеорологических условий, то есть при съёмке рыбы в водной среде качество изображения существенно определяется погодными условиями. В пасмурную погоду наблюдается снижение общей освещённости сцены, а водная поверхность формирует диффузное отражение и многочисленные блики (рис. 5). Эти факторы приводят к ухудшению контрастности и снижению чёткости при распознавании рыбы на снимке. Кроме того, в подобных условиях у оператора

отсутствуют возможности для оперативной корректировки параметров съёмки, например, повышения светочувствительности или увеличения выдержки. Поэтому для получения качественных снимков рекомендуется проводить съёмку в ясную погоду, а также применять фильтры CrI .

В заключение отметим, что, учитывая региональные особенности Камчатского края, состоящие в том числе в удалённости и труднодоступности водотоков, особенностях транспортной инфраструктуры, применение беспилотных летательных аппаратов подобного класса в обозримом будущем с высокой долей вероятности не станет полноценной заменой классическим методам исследований и полному отказу от пилотируемых летательных аппаратов, но, безусловно, вместе с внедрением автоматического подсчёта численности рыб посредством искусственного

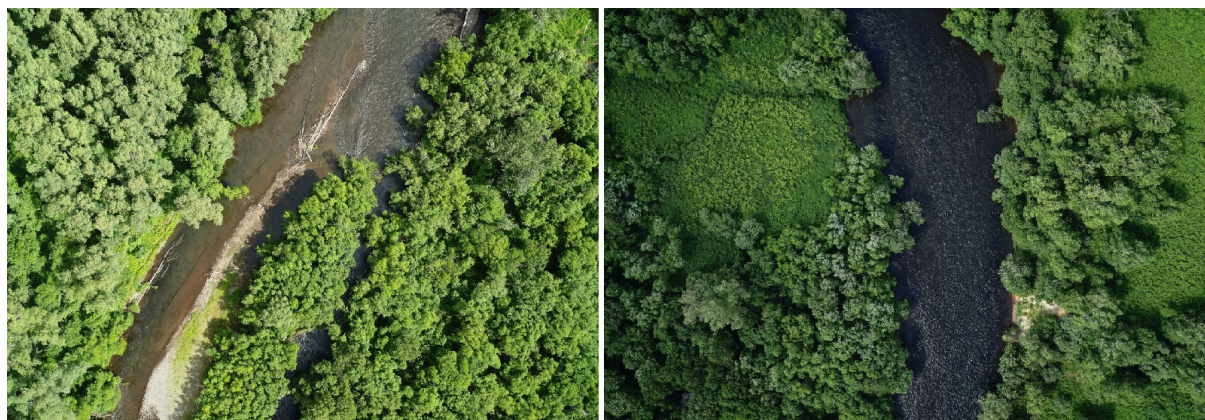


Рис. 5. Фрагмент участка р. Левая (нижнее течение р. Камчатка). Слева – с оптимальной освещённостью, справа – с диффузным отражением и множественными бликами.

интеллекта отраслевая наука получит инструмент для повышения качества научных обоснований прогнозных материалов и оперативного регулирования лососевой путины, а получаемая с БПЛА информация позволит расширить наши знания о факторах среды в период нереста тихоокеанских лососей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бугаев А.В., Зикунцова О.В., Тепнин О.Б. и др. Основные принципы формирования и интерпретация оправдываемости промысловых прогнозов тихоокеанских лососей Камчатского края в современный период (аналитический обзор 2010–2020-х гг.) // Изв. ТИНРО. 2024. Т. 204. № 4. С. 964–1002.

Дуленин А.А., Дуленина П.А., Коцюк Д.В., Свиридов В.В. Опыт и перспективы использования малых беспилотных летательных аппаратов в морских прибрежных биологических исследованиях // Тр. ВНИРО. 2021. Т. 185. С. 134–151.

Запорожец О.М., Запорожец Г.В. Использование фото-и видео фиксации для оценки количества производителей тихоокеанских лососей на нерестилищах и путях их миграций: некоторые методические подходы // Исслед. водн. биол. Ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. 2017. Вып. 47. С. 77–90.

Запорожец О.М., Запорожец Г.В., Фельдман М.Г. Оценка численности производителей

нерки и их распределение по нерестовым станциям в бассейне Начикинского озера (Камчатка) в 2019 г. // Изв. ТИНРО. 2020. Т. 200. Вып. 3. С. 618–634.

Колончин К.В. Об итогах лососевой путины в дальневосточном рыбохозяйственном бассейне в 2024 году // Вопр. рыболовства. 2025. Т. 26. №. 2. С. 7–22.

Коцюк Д.В., Свиридов В. В., Поваров А.Ю. Опыт реализации и способы дальнейшей автоматизации беспилотного учёта тихоокеанских лососей в Охотском районе Хабаровского края // Изв. ТИНРО. 2024. Т. 204. №. 3. С. 705–721.

Потапов А.С., Фадеев Е.С., Малых К.М. Применение методов компьютерного зрения для аэровизуального учёта производителей нерки с борта беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в бассейне оз. Азабачье в 2024 г. // Вопр. рыболовства. 2025. С. 103–112.

Свиридов В.В., Коцюк Д.В., Подорожнюк Е.В. Беспилотный фотограмметрический учёт тихоокеанских лососей посредством БПЛА потребительского класса // Изв. ТИНРО. 2022а. Т. 202. Вып. 2. С. 429–449.

Свиридов В.В., Подорожнюк Е.В., Никитин В.Д., Скорик А.В. Модификации беспилотного учёта производителей тихоокеанских лососей в реках Сахалинской области и Хабаровского края // Изв. ТИНРО. 2022б. Т. 202. Вып. 4. С. 1015–1031.

Свиридов В.В., Поваров А.Ю. Применение методов искусственного интеллекта для автоматизации беспилотного учёта отнерестившихся особей кеты в Хабаровском крае // *Вопр. рыболовства*. 2024. Т. 25. № 4. С. 113–124.

Фадеев Е.С., Шевляков Е.А., Фельдман М.Г. Комплексный мониторинг пропуска производителей тихоокеанских лососей р. Камчатка в режиме реального времени // *Изв. ТИНРО*. 2019. Т. 197. Вып. 2. С. 3–20.

Шевляков Е.А., Шубкин С.В. Современный опыт обследования нерестилищ тихоокеанских лососей в водоёмах Чукотки // *Изв. ТИНРО*. 2020. Вып. 1. Т. 200. С. 270 – 291.

Gallagher S.P., Gallagher C.M. Discrimination of chinook and coho salmon and steelhead redds and evaluation of the use of redd data for estimating escapement in several unregulated streams in northern California // *N. Am. J. Fish. Manag.* 2005. V. 25. P. 284–300.

McKenna B., Parkyn D., Lecours V. et al. Drones: a new technique for monitoring salmon spawning escapements // *Newsletter of the Alaska Chapter, American Fisheries Society*. 2019. V. 39. № 4. P. 1–6.

Raoult V., Colefax A.P., Allan B.M. et al. Operational Protocols for the Use of Drones in Marine Animal Research // *Drones*. 2020. V. 4. Iss. 4. P. 1–35.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF FISHERY RESEARCH

**UNMANNED AERIAL VEHICLES
AS ONE OF THE TOOLS FOR ASSESSING PACIFIC
SALMON RUNS IN KAMCHATKA TERRITORY**

© 2025 г. О.А. Maznikova¹, O.V. Zikunova², S.V. Shubkin², E.S. Fadeev²

1 – State Scientific Center of the Russian Federation

«VNIRO», Russia, Moscow, 105187

2 – Kamchatka branch of the State Scientific Center of the Russian Federation

«VNIRO», Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000

First experience of making aerial surveys with the use of unmanned aerial vehicles of the aircraft-type in the course of scientific assistance of salmon fishery campaign in 2025 is demonstrated in the article. The relevance of the work being conducted is driven by the need to improve scientific observation methods and automate data analysis processes, which are among the priority tasks of modern fisheries science. Effectiveness of using the aircraft-type UAV for assessment of sockeye salmon stock in spawning grounds has been demonstrated. This method demonstrates several essential advantages vs routine methods of aerial observations, and provides high accuracy, reproducibility and the possibility of data archiving. However, the success of this approach is determined by a combination of factors, including the technical characteristics of the devices, the use of optical filters, lighting conditions and water transparency, as well as the proper planning of flight missions. The experience gained confirms the potential of using unmanned technologies in the fisheries industry and opens up new opportunities for the development of modern methods for monitoring the state of the nation fisheries resource base.

Keywords: Pacific salmon, sockeye salmon, Kamchatka, UAV, aerial surveys.