

© Авторы, 2026 г.
Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution
License 4.0 International (CC BY 4.0)



© The Authors, 2026.
Content is available under Creative Commons Attribution
License 4.0 International (CC BY 4.0)

УДК 639.227

<https://doi.org/10.30730/gtr.2026.10.3.371-379>
<https://www.elibrary.ru/weizdx>

Анализ воздействия погодных факторов на поведение пелагических промысловых рыб и возможность обнаружения их косяков и скоплений с использованием беспилотных летательных аппаратов

Е. А. Летунова, А. В. Скорик, В. Н. Филатов

Сахалинский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
 («СахНИРО»), Южно-Сахалинск, Россия

Резюме. В работе рассмотрено влияние погодных и гидрометеорологических факторов на поведение пелагических промысловых рыб и эффективность обнаружения их косяков с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Основное внимание уделено тихоокеанской сайре как одному из наиболее сложных объектов поиска в северо-западной части Тихого океана. Проанализированы особенности реакции рыб на искусственный свет, влияние штормов, циклонов, ветрового волнения и изменений термоструктуры верхнего слоя океана на распределение и устойчивость рыбных скоплений. Показано, что погодные условия оказывают двойственное воздействие: ухудшают визуальные условия наблюдения и одновременно изменяют пространственное распределение косяков, вызывая их заглубление и рассредоточение. Также проведён анализ эксплуатационных возможностей различных типов БПЛА при мониторинге морской поверхности. Установлено, что эффективность применения БПЛА определяется совокупностью метеорологических, океанологических, технических факторов и требует комплексного подхода к организации наблюдений.

Ключевые слова: пелагические промысловые рыбы, тихоокеанская сайра, рыбные скопления, косяки рыб, беспилотные летательные аппараты, погодные факторы, мониторинг

Analysis of the impact of weather factors on the behavior of pelagic commercial fish and the possibility of detecting their schools and aggregations using unmanned aerial vehicles

Elizveta A. Letunova, Andrey V. Skorik, Viktor N. Filatov

Sakhalin Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography
(SakhNIRO), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Abstract. The paper examines the influence of weather and hydrometeorological factors on the behavior of pelagic commercial fish and the effectiveness of detecting their schools and aggregations using unmanned aerial vehicles (UAVs). The focus is on the Pacific saury, one of the most challenging targets for detection in the North-Western Pacific Ocean. The responses of the fish to artificial light, the impact of storms, cyclones, and wind waves were analyzed, as well as the changes in the thermostructure of the upper ocean layer on the distribution and stability of fish aggregations. It has been shown that weather conditions have a dual effect: they worsen the visual conditions of observation and simultaneously change the spatial distribution of schools, causing them to move into deeper waters and disperse. The operational capabilities of various types of UAVs for monitoring the sea surface were also assessed. It was established that the effectiveness of UAV-based monitoring is determined by a combination of meteorological, oceanographic, and technical factors and requires an integrated approach to observation planning and implementation.

Keywords: pelagic commercial fish, Pacific saury, fish aggregations, fish schools, unmanned aerial vehicles (UAVs), weather factors, monitoring

Финансирование и благодарности

Данная работа выполнена в рамках гранта РНФ № 24-61-00025 на тему «Разработка методов поиска скопленных промысловых рыб с помощью беспилотных летательных аппаратов».

Funding and Acknowledgements

This study was carried out within the framework of the RNF grant No. 24-61-00025 on the topic “Development of methods for searching for commercial fish schools using unmanned aerial vehicles”.

Для цитирования: Летунова Е.А., Скорик А.В., Филатов В.Н. Анализ воздействия погодных факторов на поведение пелагических промысловых рыб и возможность обнаружения их косяков и скоплений с использованием беспилотных летательных аппаратов. *Геосистемы переходных зон*, 2026, т. 10, № 3, с. 371–379. <https://doi.org/10.30730/gtr.2026.10.3.371-379>; <https://www.elibrary.ru/weizdx>

For citation: Letunova E.A., Skorik A.V., Filatov V.N. Analysis of the impact of weather factors on the behavior of pelagic commercial fish and the possibility of detecting their schools and aggregations using unmanned aerial vehicles. *Geosistemy perehodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2026, vol. 10, No. 3, p. 371–379. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2026.10.3.371-379>; <https://www.elibrary.ru/weizdx>

Введение

В исследованиях морских экосистем всё более активно применяются методы дистанционного наблюдения. Одним из наиболее перспективных технологических решений выступает использование беспилотных летательных аппаратов, обеспечивающих получение высокодетализированных изображений морской поверхности, позволяющих осуществлять оперативный мониторинг распределения гидробионтов, а также осуществлять измерения фоновых условий поверхностного слоя. Результаты использования БПЛА демонстрируют высокую эффективность при обнаружении рыбных скоплений и анализе их пространственного распределения, особенно в прибрежных акваториях и зонах интенсивной промысловой деятельности [1-4]. Использование методов дистанционного зондирования с помощью беспилотных систем наблюдения позволяет повысить эффективность поиска промысловых объектов и уточнить данные о распределении рыбных скоплений [5–10].

Не вызывает сомнений, что возможность визуального обнаружения косяков пелагических рыб с БПЛА будет ограничена такими погодными явлениями, как туман, осадки и сильные порывы ветра. Например, интенсивное волнение поверхности воды и возникновение солнечных бликов способны существенно затруднить выявление рыбных скоплений на аэрофотоснимках [11–12]. Кроме того, есте-

ственный ход сезонных процессов в океане и космофизические факторы могут приводить к тому, что даже при благоприятных метеорологических условиях обнаружить косяки будет затруднительно, а результаты поиска могут быть неверно интерпретированы.

В данной работе обобщен опыт использования различных типов БПЛА в рыбопромысловых исследованиях при разных погодных условиях. Кроме того, проведен анализ результатов исследований влияния погодных факторов на поведение и перемещение косяков пелагических рыб, а также на формирование ими промысловых скоплений и их распределение в суточном и синоптическом масштабе. Исследования базировались преимущественно на данных, полученных при изучении тихоокеанской сайры, которая является одним из самых проблемных объектов для обнаружения и облова в северо-западной части Тихого океана. Специфика лова сайры путем привлечения к борту судна с применением электрического света позволила собрать более обширный материал по особенностям поведения косяков по сравнению с другими промысловыми пелагическими рыбами. Сардина и скумбрия в данном регионе обитают при сходных с сайрой океанологических условиях, а также имеют сходные черты поведения в период нагула, но специфика их промысла кошельковым неводом и пелагическим тралом затрудняют визуальное наблюдение за поведением стай.

Результаты и обсуждение

Анализ практики использования самолетного и коптерного типов БПЛА при мониторинге морской поверхности показал, что они имеют принципиальные различия в применении, обусловленные технико-эксплуатационными и приборно-фиксирующими возможностями, а также воздействием метеорологических факторов. БПЛА самолетного типа характеризуются значительно большей дальностью полёта, большей продолжительностью миссии и возможностью использования более тяжелой специализированной полезной нагрузки, включая гиростабилизированные системы наблюдения, а также приборы сканирования характеристик поверхности океана. Для таких БПЛА оптимальной является съёмка с высот порядка 150–300 м, обеспечивающая компромисс между площадью обзора

и различимостью косяков. При этом непрерывная видеофиксация может вестись на скоростях порядка 20–25 м/с, позволяя обеспечивать высокое качество съёмки. Однако их запуск и возвращение затруднительно осуществлять в морских условиях с судна. Запуск и возвращение необходимо осуществлять с привязкой к берегу. Коптерного типа БПЛА, несмотря на ограниченные продолжительность полёта и более слабую устойчивость к ветру, обладают рядом эксплуатационных преимуществ, включающих возможность контроля изображения в реальном времени, настройки параметров съёмки и оперативного переключения между режимами фото и видеосъёмки (рис. 1). Возможность визуального контроля взлета и посадки позволяет использовать такие БПЛА в судовых условиях для оперативного поиска косяков рыб, а также проведения локальных измерений состояния поверхности моря.

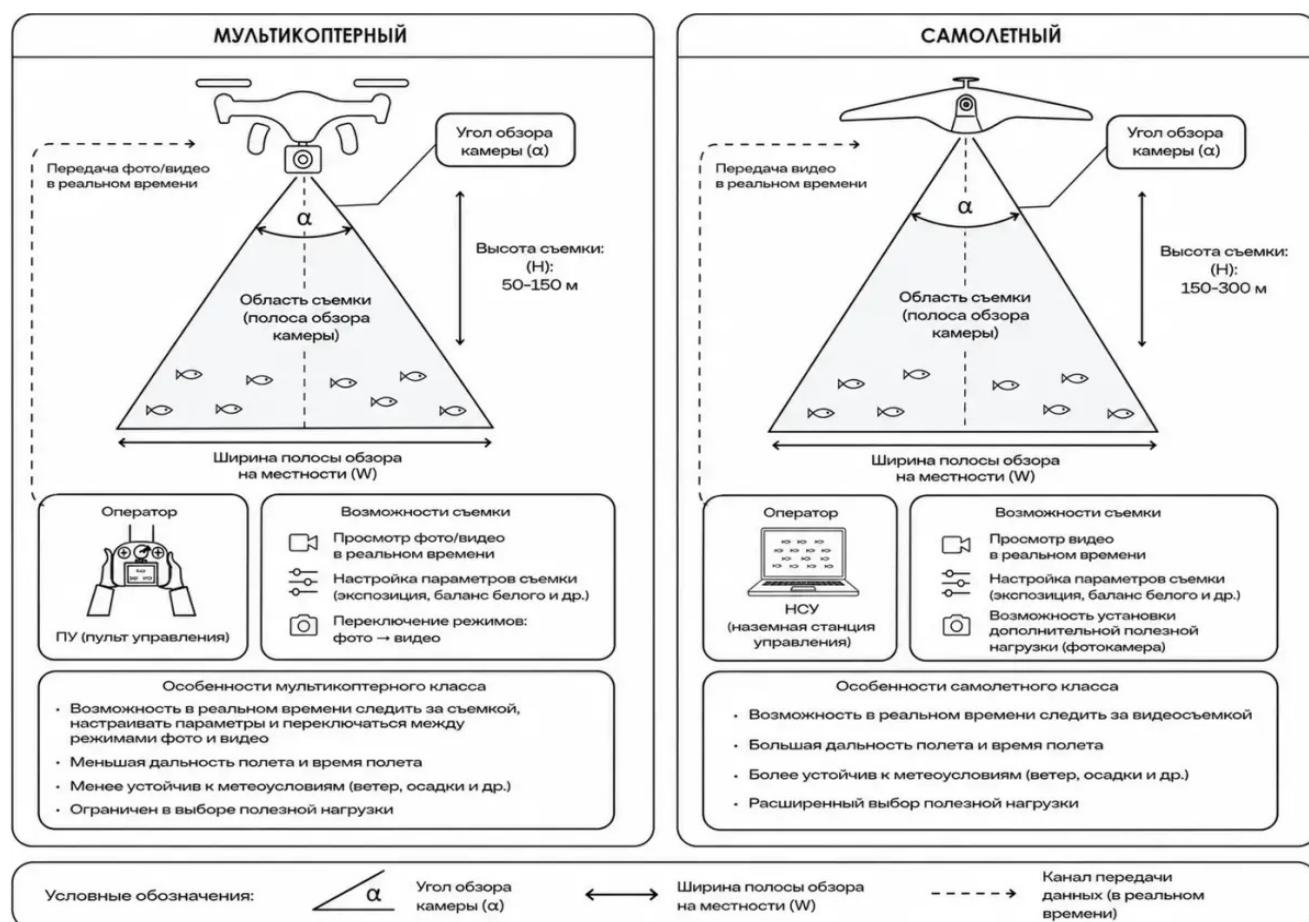


Рис. 1. Схема съемки и основные различия мультикоптерных и самолетных БПЛА при мониторинге морской поверхности.

Fig. 1. Survey scheme and main differences between multirotor and fixed-wing UAVs for monitoring the sea surface.

Для обоих типов БПЛА препятствием для полноценной эксплуатации будут служить такие погодные явления, как туман и осадки, существенно ограничивающие видимость. При видимости менее 300 м будет сложно использовать БПЛА самолетного типа, а при видимости менее 100 м и коптерные БПЛА. Значительным препятствием для эксплуатации БПЛА является ветровое воздействие. При силе ветра более 10 м/с БПЛА коптерного типа будет очень затруднительно вернуть на судно, что ограничит его использование в такие периоды. БПЛА самолетного типа может вести видеонаблюдения и сканирование поверхности моря при силе ветра 10-15 м/с. Однако при силе ветра 13-15 м/с волнение моря будет достигать 4 б, а ветровые волны высотой 2 м и более, что затруднит видеофиксацию косяков из-за бурунов. Волнение моря в виде зыби высотой волн более 2 м, вызванное удаленными от района глубокими циклонами, даже при слабом ветровом воздействии также будет затруднять видеофиксацию косяков. Еще одним фактором, снижающим эффективность обнаружения косяков рыб, является отражение солнечного света от поверхности моря в безоблачную или малооблачную погоду. Так называемые «солнечные блики» будут вынуждать строить галсы и вести поиски косяков, чтобы их воздействие минимизировать.

Перечисленные факторы физически затрудняют видеофиксацию косяков, а также влияют на безопасность использования БПЛА. Кроме этого, есть большая вероятность неверной интерпретации полученных данных в различные периоды жизни гидробионтов. Для уменьшения вероятности ошибок при интерпретации данных важно учитывать поведенческие особенности стайных пелагических рыб. Фиксировать изменение поведения стай пелагических рыб в масштабах промысловой экспедиции наиболее полно удалось на примере тихоокеанской сайры. Тихоокеанская сайра, как большинство пелагических рыб-планктофагов и пелагических кальмаров, в значительную часть жизненного цикла положительно реагирует на искусственный свет. Причиной положительной реакции на свет является безуслов-

ный пищевой рефлекс, что используется при её лове [13–19]. Другими словами, свет судна является сигналом к возобновлению активных пищевых поисковых действий с наступлением темноты, которые были прекращены, либо затруднены в светлое время суток. Рыбы, имеющие пустые кишечники, лучше привлекаются светом, чем накормленные [20–22]. Поэтому преимущественная часть пойманной рыбы имеет пустые кишечники. У накормленной рыбы реакция на свет усиливается после того, как пищеварительная система освободится от пищи, что при обильном питании в вечерние сумерки происходит во второй половине ночи, а иногда только перед рассветом. Соответственно, если на участке со скоплением сайры пищи (кормового зоопланктона) много, то ее реакция на свет судна до полуночи будет плохой. При этом усиление мощности света, как правило, не вызывает улучшения реакции, а наоборот, может отпугивать рыб от судна [23, 24]. Однако к утру, по мере усвоения пищи, реакция улучшается, что позволяет вести лов сайры более результативно, чем в первую половину ночи. В целом, на таких участках эффективность промысла может быть не очень высока, однако вероятность того, что скопление на таком участке в ближайшие дни не распадется, может быть высокой. Как правило, обстановка на промысле с высокой эффективностью лова в таком районе сохраняется в течение ближайших 2–3 суток. Напротив, если реакция рыбы на свет положительная в первую половину ночи, то это может означать, что пищи мало и условия для нагула сайры на данном участке не очень хорошие. Сайра здесь не наедается, что способствует сохранению положительной реакции ее на свет в течение всей ночи. В результате на таких участках уловы сайры могут быть велики в течение 1–2 суток. Однако в целом для промысла, особенно в июле-августе, такие ситуации являются не очень благоприятными, так как на подобном участке из-за плохих кормовых условий очень велика вероятность распада скопления.

Слабо реагирует на свет сайра в дни, предшествующие прохождению через район промысла глубокого циклона, что отражается на

эффективности лова. Кроме того, плохая реакция на свет у сайры отмечается в те ночи, когда глубокий циклон проходит на удалении до 500 миль от района лова, даже если и не вызывает на его акватории штормовых условий [25, 26]. В обоих случаях наблюдается заглубление сайровых косяков и нередко происходит их рассредоточение. Если циклон не вызывает шторм, то сразу после его прохождения лов сайры в большинстве случаев возобновляется с прежней интенсивностью. Аналогичное поведение отмечается и в отношении косяков сардины. Особого внимания заслуживает рассмотрение особенностей поведения косяков сайры в отношении глубоких циклонов и шторма. Обычно при прохождении над районом нагула циклона, вызывающего шторм, косяки стайных пелагических рыб-планктофагов (сайра, сардина и др.) становятся очень подвижны либо заглубляются, что вместе с сильным ветром и волнением затрудняет их поиск и облов как бортовыми ловушками, так и кошельковыми неводами. Однако не только в штормовые дни, но еще за сутки-двое до шторма у рыб резко ухудшается реакция на искусственные источники света, что негативно сказывается на эффективности их промысла [25, 27, 28]. Более того, такая ситуация может возникать при прохождении глубоких циклонов на удалении от района, причем даже в тех случаях, когда в районе промысла циклон штормовой погоды не вызывает. Для того чтобы разобраться в причинах такого поведения, следует обратиться к вертикальной структуре верхнего слоя океана.

Во-первых, следует учесть, что толщина благоприятного для обитания рыбного косяка квазиоднородного слоя может стать меньше в результате усиления ветрового волнения. Собственно глубина залегания термоклина и толщина верхнего квазиоднородного слоя может не измениться. Но здесь важно то, что рыбы избегают слоя ветрового волнения, так как в нем нет возможности сохранить структуру стаи [29-31]. Соответственно, чем значительнее воздействие ветра, тем больше заглубляются косяки и тоньше становится слой воды, доступный им для маневрирования, что увели-

чивает вероятность распада скопления. Наблюдения показали, что на участках с комплексом благоприятных для нагула сайры условий при толщине верхнего квазиоднородного слоя менее 6 м сайровые скопления не отмечаются, а при толщине верхнего квазиоднородного слоя 6–8 м сайровые скопления наблюдались лишь в 7 % случаев. Аналогичные параметры обитания характерны для косяков сардины. Таким образом, приближающийся к району нагула циклон вынуждает рыбные косяки заглубляться, чтобы избежать пребывания в слое ветрового волнения. Из мест, где толщина верхнего квазиоднородного слоя сравнительно мала, косяки переходят в места с большей толщиной верхнего квазиоднородного слоя, что приводит к их рассредоточению и даже к распаду скопления. В противоположность этому на участках со сравнительно большой (более 15 м) толщиной верхнего квазиоднородного слоя распада скоплений обычно не происходит, так как косякам, чтобы избежать слоя ветрового волнения, достаточно заглубиться. При этом они не будут испытывать ограничений для маневрирования по вертикали даже в случае, когда слой ветрового волнения будет значительным (более 5 м). На таких участках сразу после прохождения циклона эффективность промысла восстанавливается до уровня, предшествующего подходу циклона, а иногда даже улучшается.

В результате штормового воздействия в пределах участка со скоплением, как и на всей акватории, охваченной штормом, характеристики среды могут существенно измениться. Их изменение может привести к разрушению комплекса благоприятных для нагула сайры условий. Это, в свою очередь, приведет к распаду скопления. В 32 % случаев в районе Курильских островов нагульные сайровые скопления после шторма распадаются. При этом наибольшая вероятность (65–72 %) распада скоплений отмечена в июле-августе, а наименьшая (11–23 %) в ноябре-декабре [32]. С другой стороны, сайровые косяки, в том числе из распавшегося скопления, могут сформировать скопления на тех участках, где ранее отсутствовал комплекс благоприятных для нагула сайры условий, но

в результате изменений параметров среды под влиянием шторма такой комплекс возник.

Под влиянием ветрового перемешивания верхний квазиоднородный слой становится более гомотермным. Температура воды на поверхности несколько понижается, а на горизонте непосредственно у пикноклина, наоборот, повышается. Это приводит к обострению градиентов в термо- и пикноклине. Кроме того, сам пикноклин заглубляется [33, 34]. Увеличение градиента в пикноклине не приводит к разрушению комплекса благоприятных для нагула сайры условий. Наоборот, такие участки становятся устойчивее, и вероятность распада скоплений в их пределах может даже уменьшиться. Кроме того, участки, которые до шторма характеризовались высоким содержанием кормового зоопланктона, но не являлись благоприятными для нагула сайры из-за отсутствия пикноклина с градиентом достаточной величины, в результате воздействия шторма могут стать благоприятными для нагула и образования скоплений сайры. Здесь может сформироваться новое скопление.

Изменение толщины верхнего квазиоднородного слоя может иметь несколько последствий. Как упоминалось выше, от толщины верхнего квазиоднородного слоя зависит значение концентрации в нем кормового зоопланктона и фитопланктона. Чем больше толщина верхнего квазиоднородного слоя, тем меньше концентрация планктона. Увеличение толщины верхнего квазиоднородного слоя, которое происходит под воздействием шторма, приводит к уменьшению в этом слое концентрации кормового зоопланктона. Естественно, что на тех участках со скоплением, где значение этой характеристики станет меньше, чем на соседних, скопление распадается. Сайровые косяки будут переходить на участки с более благоприятными для нагула условиями, характеризующимися более высокой концентрацией кормового зоопланктона. При этом они будут задерживаться и скапливаться в местах с наибольшими значениями концентрации кормового зоопланктона. Вдобавок участки, которые имели высокое содержание кормо-

вого зоопланктона, но избегались сайровыми косяками из-за высоких концентраций фитопланктона и (или) малой толщины верхнего квазиоднородного слоя, после шторма могут стать благоприятными для нагула и образования скоплений.

Заключение

Таким образом, погодные факторы оказывают двойственное влияние на эффективность применения БПЛА. С одной стороны, они ухудшают условия визуального наблюдения, а с другой – вызывают изменения в поведении и пространственном распределении косяков рыб, включая их заглубление и рассредоточение. В результате снижается вероятность обнаружения скоплений даже при технически исправной работе беспилотных систем. Эффективность применения БПЛА для мониторинга промысловых скоплений пелагических рыб будет определяться комплексом факторов, включающим погодные условия, выбор типа платформы, параметры съёмки и экономическую целесообразность, и требует системного подхода к планированию наблюдений и обработке данных. К условиям, непосредственно ограничивающим выполнение полётов, относятся сильный ветер, превышающий допустимые значения для конкретного типа платформы, а также атмосферные осадки, снижающие безопасность эксплуатации. К факторам, затрудняющим обнаружение и видеофиксацию скоплений морских рыб, относятся туман и дымка, уменьшающие дальность видимости, солнечные блики и волнение моря свыше 4 баллов, формирующее динамичную и визуально неоднородную поверхность. Дополнительно необходимо учитывать влияние гидрометеорологических процессов на поведение и пространственное распределение косяков рыб, включая последствия штормов и прохождение глубоких циклонов на удалении до 500 морских миль от района промысла (табл. 1).

Таблица 1. Характеристики погодных условий, влияющих на возможность обнаружения косяков рыб с помощью БПЛА**Table 1.** Characteristics of weather conditions affecting the possibility of detecting fish schools using UAVs

Погодные условия, препятствующие эксплуатации БПЛА	Погодные условия, затрудняющие видеофиксацию косяков.	Погодные условия, влияющие на поведение косяков, затрудняя их обнаружение.
- Ветер более 15 м/с - Осадки	- Туман, дымка (видимость менее 100 м) - Солнечные блики при малой облачности - Волнение более 4 б (высота волн более 2 м)	- Последствия шторма - Прохождение глубокого циклона на удалении до 500 миль от района промысла

Список литературы

- Hardin P.J., Jensen R.R. Small-scale unmanned aerial vehicles in environmental remote sensing: challenges and opportunities. *GIScience & Remote Sensing*. 2011,48(1):99–111.
- Anderson K., Gaston K.J. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology // *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2013,11(3):138–146
- Harris J.M. et al. Use of unmanned aircraft systems in fishery science. *Transactions of the American Fisheries Society*. 2019,148(4):687–697.
- Dong D. et al. Intelligent detection of marine offshore aquaculture with high-resolution optical remote sensing images. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2024,12(6):1012.
- Шилова Н.А., Данилов А.А. Использование беспилотных летательных аппаратов для мониторинга объектов морской фауны. *Arctic Environmental Research*. 2014,3:130–134. EDN: SZDMMJ
- Запорожец О.М., Запорожец Г.В. Использование фото- и видеофиксации для оценки количества производителей тихоокеанских лососей на нерестилищах и путях их миграций: некоторые методические подходы. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. 2017,47:77–90.
- Запорожец О.М. и др. Оценка численности производителей нерки и их распределение по нерестовым стадам в бассейне Начикинского озера (Камчатка) в 2019 г. *Известия ТИНРО*. 2020,200(3):618–634.
- Колпаков Н.В. и др. Эксперименты по определению с помощью БПЛА площади нерестилищ сельди *Clupea pallasii* и численности рыбаков-любителей на подлёдном лове морской малоротой корюшки *Hypomesus japonicus* в заливе Анива (о. Сахалин). *Труды СахНИРО*. 2022,18:68–78.
- Макоедов А.А. и др. Аэрофотограмметрический мониторинг нерестовой миграции горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* с использованием БПЛА потребительского класса применительно к топографическим условиям рек Сахалина. *Известия ТИНРО*. 2025,205(4):807–820.
- Hou Q. et al. Research on tuna purse seine fishing target detection and recognition method for unmanned aerial vehicle aerial images based on knowledge distillation. *ICES Journal of Marine Science*. 2025,82(12).
- Дуленин А.А. и др. Опыт и перспективы использования малых беспилотных летательных аппаратов в морских прибрежных биологических исследованиях. *Труды ВНИРО*. 2021,185:134–151.
- Zhao C. et al. Deep learning-based object detection in maritime unmanned aerial vehicle imagery: review and experimental comparisons. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2024,128:107513.
- Зуссер С.Г. *Суточные вертикальные миграции рыб*. М.: Пищевая промышленность, 1971, 224 с.
- Борисов П.Г. Поведение рыб под воздействием искусственного света. В кн.: *Труды совещания по вопросам поведения и разведки рыб*. М.: Изд-во АН СССР, 1955, с. 20–25.
- Борисов П.Г. Применение искусственного света в мировой рыбодобывающей промышленности. *Рыбная промышленность за рубежом*. М.: 1956, с. 27–29.
- Протасов В.Р. О реакциях рыб на свет в связи с особенностями их световосприятия. В кн.: *Вопросы ихтиологии*. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 1, 519–533. (вып. 3)
- Протасов В.Р. *Биоэлектрические поля в жизни рыб*. М.: ЦНИИТЭИРХ, 1971, 228 с.
- Гирса И.И. Биологические основы привлечения рыбы на свет. В кн.: *Биологические основы управления поведением рыб*. М.: Наука. 1970, с. 191–225.
- Гирса И.И. *Освещённость и поведение рыб*. М.: Наука, 1981, 164 с.
- Зуссер С.Г. Влияние светового режима на поведение рыб в море. В кн.: *Поведение промысловых рыб*. М.: 1985, с. 51–66.
- Новиков Ю.В. Условия образования промысловых скоплений сайры. *Труды ВНИРО*. 1966,60:143–149.
- Hotta H. *Biological studies and fisheries of the saury (Cololabis saira Brevoort)*. Tokyo: 1964, 96 p.
- Сидельников И.И. Распределение косяков сайры, привлечённых светом к борту судна. В кн.: *Сбор-*

- ник научно-технической информации ВНИРО. 1965,4:35–43.
24. Сидельников И.И. Результаты исследований по определению реакции сайры на свет от различных источников. *Известия ТИНРО*. 1967,56:191–197.
 25. Филатов В.Н. Влияние штормов на образование и распад скоплений нагульной сайры. *Биология моря*. 1993,1:67–74.
 26. Новиков Ю.В., Филатов В.Н. Разработка вероятностного прогноза распада нагульных скоплений сайры после шторма. В кн.: *Комплексные исследования морских гидробионтов и условий их обитания*. Владивосток: ТИНРО, 1994, с. 57–65.
 27. Филатов В.Н. Опыт оценки промысловой перспективности районов нагула сайры. В кн.: *Изменчивость состава ихтиофауны, урожайность поколений и методы прогнозирования запасов рыб в северной части Тихого океана*. Владивосток: ТИНРО, 1988, с. 130–135.
 28. Новиков Ю.В., Филатов В.Н. Влияние штормов на эффективность промысла сайры в ЮКР. В кн.: *Тезисы докладов VIII Всесоюзной конференции, Ленинград, 15–19 октября 1990 г.* Л.: 1990, с. 224–225.
 29. Мантейфель Б.П. *Экология поведения животных*. М.: Наука, 1980, 220 с.
 30. Герасимов В.В. *Эколого-физиологические закономерности стайного поведения рыб*. М.: Наука, 1983, 125 с.
 31. Герасимов В.В. Стайное поведение рыб и его пластичность. В кн.: *Экологические аспекты поведения рыб*. М.: Наука, 1984, с. 64–74.
 32. Летунова Е.А., Филатов В.Н. Условия формирования скоплений косяков сардины иваси у Южных Курил в летне-осенний период. В кн.: *Актуальные вопросы становления и развития рыбного хозяйства России: материалы Всероссийской научно-практической конференции, г. Владивосток, 5–6 июня 2025 г.* Владивосток: Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2025, с. 241–248.
 33. Филатов В.Н. *Миграции и формирование скоплений массовых пелагических гидробионтов (на примере тихоокеанской сайры)*. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2015, 168 с. EDN: VBZCLJ
 34. Григоркина Р.Г., Фукс В.Р. *Воздействие тайфунов на океан*. Л.: Гидрометеониздат, 1986, 243 с.
 35. Старицын Д.К., Фукс В.Р. Синоптическая изменчивость фронтальных зон и разделов в системе вод Ойясио. *Вестник ЛГУ. Серия 7*. 1990,4:91–95.
 2. Anderson K., Gaston K.J. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology // *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2013,11(3):138–146.
 3. Harris J.M. et al. Use of unmanned aircraft systems in fishery science. *Transactions of the American Fisheries Society*. 2019,148(4):687–697.
 4. Dong D. et al. Intelligent detection of marine offshore aquaculture with high-resolution optical remote sensing images. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2024,12(6):1012.
 5. Shilova N.A., Danilov A.A. Use of unmanned aerial vehicles for monitoring marine fauna objects. *Arctic Environmental Research*. 2014,3:130–134. (In Russ.). EDN: SZDMMJ
 6. Zaporozhets O.M., Zaporozhets G.V. Use of photo and video recording to assess the number of Pacific salmon spawners in spawning grounds and migration routes: some methodological approaches. *Studies of Aquatic Biological Resources of Kamchatka and the Northwest Pacific Ocean*. 2017,47:77–90. (In Russ.).
 7. Zaporozhets O.M. et al. Assessment of sockeye salmon spawner abundance and their distribution across spawning stations in the Nachikinskoye Lake basin (Kamchatka) in 2019. *Izvestiya TINRO*. 2020,200(3):618–634. (In Russ.).
 8. Kolpakov N.V. et al. Experiments on determining the area of Pacific herring (*Clupea pallasii*) spawning grounds and the number of recreational fishers during ice fishing for Pacific sand lance (*Hypomesus japonicus*) in Aniva Bay (Sakhalin Island) using UAVs. *Trudy SakhNIRO*. 2022,18:68–78. (In Russ.).
 9. Makoedov A.A. et al. Aero photogrammetric monitoring of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) spawning migration using consumer-grade UAVs adapted to the topographic conditions of Sakhalin rivers. *Izvestiya TINRO*. 2025,205(4):807–820. (In Russ.).
 10. Hou Q. et al. Research on tuna purse seine fishing target detection and recognition method for unmanned aerial vehicle aerial images based on knowledge distillation. *ICES Journal of Marine Science*. 2025,82(12).
 11. Dulenin A.A. et al. Experience and prospects of using small unmanned aerial vehicles in marine coastal biological research. *Trudy VNIRO*. 2021,185:134–151. (In Russ.).
 12. Zhao C. et al. Deep learning-based object detection in maritime unmanned aerial vehicle imagery: review and experimental comparisons. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2024,128:107513.
 13. Zusser S.G. *Diurnal vertical migrations of fish*. Moscow: Pishchevaya Promyshlennost, 1971, 224 p. (In Russ.).
 14. Borisov P.G. Fish behavior under artificial light exposure. In: *Proceedings of the Meeting on Fish Behavior and Detection*. Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1955, p. 20–25. (In Russ.).

References

1. Hardin P.J., Jensen R.R. Small-scale unmanned aerial vehicles in environmental remote sensing: challenges and opportunities. *GIScience & Remote Sensing*. 2011,48(1):99–111.

15. Borisov P.G. Application of artificial light in global fisheries. *Foreign Fish Industry*. Moscow: 1956, p. 27–29. (In Russ.).
16. Protasov V.R. On fish reactions to light in relation to their light perception characteristics. In: *Journal of Ichthyology*. Moscow: USSR Academy of Sciences Publ., 1961, vol. 1, p. 519–533 (issue 3). (In Russ.).
17. Protasov V.R. *Bioelectric fields in fish life*. Moscow: TsNIITEIRKh, 1971, 228 p. (In Russ.).
18. Girsia I.I. Biological foundations of attracting fish with light. In: *Biological bases of fish behavior management*. Moscow: Nauka, 1970, p. 191–225. (In Russ.).
19. Girsia I.I. *Light exposure and fish behavior*. Moscow: Nauka, 1981, 164 p. (In Russ.).
20. Zusser S.G. Influence of light regime on fish behavior in the sea. In: *Behavior of Commercial Fish*. Moscow: 1985, p. 51–66. (In Russ.).
21. Novikov Yu. V. Conditions for the formation of commercial saury aggregations. *Trudy VNIRO*. 1966, 60:143–149. (In Russ.).
22. Hotta H. *Biological studies and fisheries of the saury (Cololabis saira Brevoort)*. Tokyo: 1964, 96 p.
23. Sidelnikov I.I. Distribution of saury schools attracted by light to the vessel's side. In: *Collection of scientific and technical information of VNIRO*. 1965, 4:35–43. (In Russ.).
24. Sidelnikov I.I. Results of studies on determining saury reaction to light from various sources. *Izvestiya TINRO*. 1967, 56:191–197. (In Russ.).
25. Filatov V.N. Influence of storms on the formation and disintegration of feeding saury aggregations // *Biology of the Sea*. 1993, 1:67–74. (In Russ.).
26. Novikov Yu.V., Filatov V.N. Development of a probabilistic forecast for the disintegration of feeding saury aggregations after a storm. In: *Comprehensive Studies of Marine Hydrobionts and Their Habitat Conditions*. Vladivostok: TINRO, 1994. P. 57–65. (In Russ.).
27. Filatov V.N. Experience in assessing the commercial prospects of saury feeding areas. In: *Variability of ichthyofauna composition, year-class strength, and methods for predicting fish stocks in the North Pacific*. Vladivostok: TINRO, 1988, p. 130–135. (In Russ.).
28. Novikov Yu.V., Filatov V.N. Influence of storms on saury fishing efficiency in the Southern Kuril Region. In: *Abstracts of the VIII All-Union Conference, Leningrad, October 15–19, 1990*. Leningrad: 1990, p. 224–225. (In Russ.).
29. Manteifel B.P. *Ecology of animal behavior*. Moscow: Nauka, 1980, 220 p. (In Russ.).
30. Gerasimov V.V. *Eco-physiological patterns of schooling fish behavior*. Moscow: Nauka, 1983, 125 p. (In Russ.).
31. Gerasimov V.V. Schooling behavior of fish and its plasticity. In: *Ecological aspects of fish behavior*. Moscow: Nauka, 1984, p. 64–74. (In Russ.).
32. Letunova E.A., Filatov V.N. Conditions for the formation of aggregations of Pacific sardine (iwashi) schools near the Southern Kurils in the summer-autumn period. In: *Topical Issues of the Development of the Russian Fishing Industry: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Vladivostok, June 5–6, 2025*. Vladivostok: Far Eastern State Technical Fisheries University, 2025, p. 241–248. (In Russ.).
33. Filatov V.N. *Migrations and Formation of Mass Pelagic Hydrobionts (on the Example of the Pacific Saury)*. Rostov-on-Don: Publishing House of the South Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2015, 168 p. (In Russ.). EDN: VBZCLJ
34. Grigorkina R.G., Fuks V.R. *Impact of typhoons on the ocean*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1986, 243 p. (In Russ.).
35. Staritsyn D.K., Fuks V.R. Synoptic variability of frontal zones and boundaries in the Oyashio water system. *Vestnik LSU. Series 7*. 1990, 4:91–95 (In Russ.).

Об авторах

✉ **Летунова Елизавета Андреевна**, старший специалист лаборатории морских и пресноводных рыб, Сахалинский филиал Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (СахНИРО), Южно-Сахалинск, Россия, letunovae@sakhniro.vniro.ru. ORCID 0009-0008-9136-7807

Скорик Андрей Васильевич, руководитель группы дистанционных и инструментальных исследований лаборатории лососевых рыб, Сахалинский филиал Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (СахНИРО), Южно-Сахалинск, Россия, skorikav@sakhniro.ru. <https://orcid.org/0000-0002-0922-0697>

Виктор Николаевич Филатов, старший специалист лаборатории океанографии, Сахалинский филиал Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (СахНИРО), Южно-Сахалинск, Россия, filatov@tinro.vniro.ru. <https://orcid.org/0009-0002-9214-9808>

About the Authors

✉ **Letunova, Elizaveta A.**, Senior Specialist, Marine and Freshwater Fish Laboratory, Sakhalin Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, letunovae@sakhniro.vniro.ru. <https://orcid.org/0009-0008-9136-7807>

Skorik, Andrey V., Head of the Remote Sensing and Instrumental Research Group, Salmon Fish Laboratory, Sakhalin Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, skorikav@sakhniro.ru. <https://orcid.org/0000-0002-0922-0697>

Filatov, Viktor N., Senior Specialist, Oceanography Laboratory, Sakhalin Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, filatov@tinro.vniro.ru. <https://orcid.org/0009-0002-9214-9808>

Поступила 05.06.2026

Принята к публикации 24.08.2026

Received 05 June 2026

Accepted 24 August 2026