

УДК 597.541/597.552:57.087.3

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

**ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ  
С ПОМОЩЬЮ БПЛА ПЛОЩАДИ НЕРЕСТИЛИЩ  
СЕЛЬДИ *CLUPEA PALLASII* И ЧИСЛЕННОСТИ  
РЫБАКОВ-ЛЮБИТЕЛЕЙ НА ПОДЛЕДНОМ ЛОВЕ  
МОРСКОЙ МАЛОРОТОЙ КОРЮШКИ *HYPOMESUS  
JAPONICUS* В ЗАЛИВЕ АНИВА (ОСТРОВ САХАЛИН)**

**Н. В. Колпаков (kolpakov\_nv@mail.ru), А. В. Метленков,  
Э. Р. Ившина, А. В. Скорик, А. П. Прохоров,  
Д. А. Чикулаев**

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»)**

**Сахалинский филиал («СахНИРО»)  
Россия, г. Южно-Сахалинск, 693023, ул. Комсомольская, 196**

**Колпаков Н. В., Метленков А. В., Ившина Э. Р. и др.** Эксперименты по определению с помощью БПЛА площади нерестилищ сельди *Clupea pallasii* и численности рыбаков-любителей на подледном лове морской малоротой корюшки *Hypomesus japonicus* в заливе Анива (остров Сахалин) // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Труды «СахНИРО». – Южно-Сахалинск : «СахНИРО», 2022. – Т. 18. – С. 68–78.

В апреле 2022 г. выполнены экспериментальные работы по применению аэрофото-съемки с БПЛА в комплексе с данными водолазных съемок для оценки площади нерестилищ тихоокеанской сельди *Clupea pallasii*. На фоне роста численности сахалино-хоккайдской сельди в последние годы отмечено увеличение площади ее нерестилищ в северной части зал. Анива в 2,2 раза в 2022 г. по сравнению с 2021 г. (с 684 до 1 520 тыс. м<sup>2</sup>). Выявлена возможность уверенной оценки масштабов нереста сельди на доступных для обследования участках акватории с использованием БПЛА. Приведены ограничения метода. Сделан вывод, что при отсутствии в настоящее время достаточного ряда наблюдений по морским травам (основной нерестовой субстрат), глубине залегания и плотности кладок икры сельди в зал. Анива съемки БПЛА целесообразно выполнять в комплексе с подводными съемками (водолазными либо с применением телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА).

Эксперименты по учету рыбаков-любителей показали, что для повышения точности получаемых оценок съемки с БПЛА необходимо совмещать с пешим обходом района лова с визуальным осмотром и опросом, а также оценкой видового состава и средней величины улова. Число рыбаков неодинаково в течение дня, поэтому съемку желательно производить три раза – утром, в обед и вечером. Приведены технические рекомендации для получения качественных аэрофотоснимков и ортофотопланов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** БПЛА, сахалино-хоккайдская сельдь, площадь нерестилищ, рыбаки-любители, учет.

**Табл. – 1, ил. – 6, библиогр. – 26.**

**Kolpakov N. V., Metlenkov A. V., Ivshina E. R. et al.** UAV-based experiments to determine the square of herring *Clupea pallasii* spawning area and the number of recreational anglers on ice fishing for the marine small-mouth smelt *Hypomesus japonicus* in Aniva Bay (Sakhalin Island) // Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas : Transactions of the “SakhNIRO”. – Yuzhno-Sakhalinsk : “SakhNIRO”, 2022. – Vol. 18. – P. 68–78.

In April 2022, experimental work was carried out on the use of UAV aerial photography in combination with diving survey data to estimate the spawning area of the Pacific herring *Clupea pallasii*. According to increasing in the number of Sakhalin-Hokkaido herring in recent years, rising in the area of its spawning grounds in the northern part of the Aniva Bay by 2.2 times (from 684 to 1520 thousand m<sup>2</sup>) is shown in 2022 compared to 2021. The possibility of confidently assessing the scale of herring spawning in the waters accessible for observation using UAVs is shown. The limitations of the method are noted. It is concluded that in the absence of a sufficient series of observations at present time on the seaweeds (main spawning substrate), the depth of occurrence and the density of herring eggs in the Aniva Bay, it is advisable to perform UAV surveys in combination with underwater surveys (diving, or using remote-controlled uninhabited underwater vehicles (ROV)).

Experiments on the accounting of recreational fishermen have shown that in order to improve the accuracy of the estimates obtained, UAV surveys must be combined with walking tours of the fishing area with visual inspection and questioning of fishermen, as well as an assessment of the species composition of catch and its average mass. The number of fishermen is not the same during the day, so it is advisable to photograph three times – in the morning, afternoon and evening. Technical recommendations for obtaining high-quality aerial photos and orthophotoplans are given.

**KEYWORDS:** UAV, Sakhalin-Hokkaido herring, square of spawning grounds, recreational anglers, accounting.

**Табл. – 1, fig. – 6, ref. – 26.**

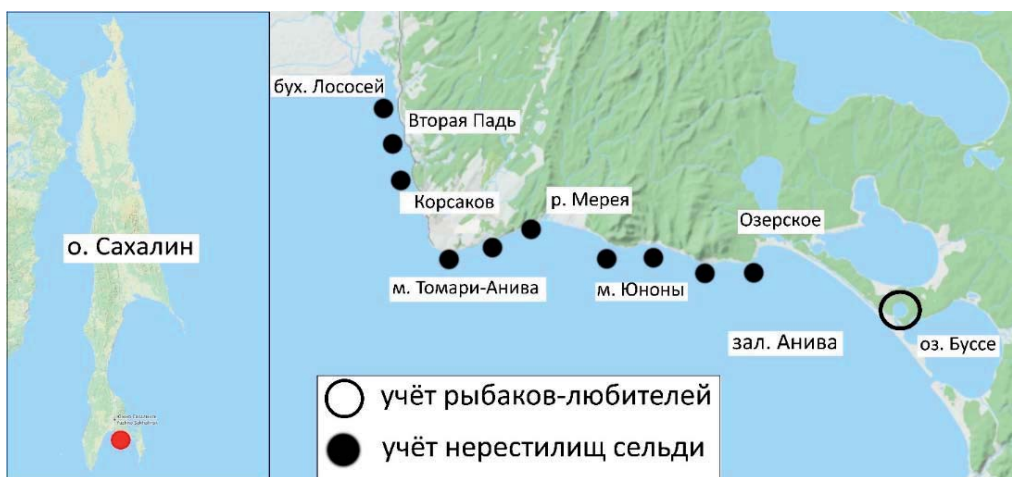
## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы, по мере технического совершенствования и снижения стоимости, в рыбохозяйственных исследованиях все более широко используются беспилотные летательные аппараты (БПЛА) потребительского класса, как за рубежом (**Kudo et al., 2012; Goebel et al., 2015; Koski et al., 2015; Maselko, Connor, 2016; Ventura et al., 2018; Xu et al., 2018; Harris et al., 2019; Raoult et al., 2020**), так и в Российской Федерации, включая Дальний Восток (**Запорожец, Запорожец, 2017; Бизиков и др., 2019, 2021, 2021а, 2022; Запорожец и др., 2020; Свиридов, Золотухин, 2020; Свиридов и др., 2022**). В частности, показана перспективность применения БПЛА в комплексных морских прибрежных исследованиях для оценки площади поселений донной растительности, площади нерестилищ тихоокеанской сельди *Clupea pallasii*, учета морских млекопитающих, некоторых видов рыб и т. д. (**Дуленин и др., 2021; Дуленин, Свиридов, 2022**).

Освоение БПЛА в «СахНИРО» начато с 2021 г. с учета производителей тихоокеанских лососей, мигрирующих на нерест в реки (**Свиридов и др., 2022а**). В настоящей работе приведены результаты экспериментов по применению БПЛА в прибрежных морских исследованиях: для определения площади нерестилищ тихоокеанской сельди сахалино-хоккайдской популяции, а также численности рыбаков-любителей на подледном лове морской малоротой корюшки *Hypomesus japonicus* в зал. Анива (о. Сахалин).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

**Нерестилища сельди.** Тестовые работы с применением БПЛА по оценке интенсивности нереста сельди в зал. Анива проведены в апреле 2022 г. в его северной части, исторически характеризовавшейся наибольшими подходами нерестовых рыб (Шмидт, 1905; Пробатов, 1954; Дружинин, 1957). Аэрофотосъемку выполняли через день-два после получения сведений о нересте сельди в пределах основных нерестилищ от с. Вторая Падь до с. Озерское, исключая акваторию г. Корсакова (рис. 1).



**Рис. 1.** Схема района работ с использованием БПЛА в зал. Анива в 2022 г.

**Fig. 1.** Scheme of the area that studied by UAVs in the Aniva Bay, 2022.

Наблюдения проводились в следующем порядке: 15 апреля – от м. Томари–Анива (восточная граница г. Корсакова) до р. Меря (бывшее с. Пригородное) и от м. Юноны до с. Озерское; 19 апреля – от с. Вторая Падь до северной границы г. Корсакова в бух. Лососей и от м. Томари–Анива до с. Нечаевка.

В ходе работ с помощью БПЛА оконтуривали участки акватории, имеющие в зависимости от концентрации половых продуктов сельди различные оттенки белого цвета («молочная вода»). Для аэрофотосъемки использовали квадрокоптер DJI Mini 2 Fly More Combo. Для фотограмметрической обработки аэрофотоснимков (сборки ортофотопланов) применяли программный пакет Agisoft metashape Professional для Windows (NextGIS QGIS). Выходными данными служили ортофотоснимки и ортофотопланы. Всего БПЛА отснято 1 502 аэрофотоснимка, с последующим созданием ортофотопланов. Фотограмметрическая обработка снимков базируется на автоматической обработке фотоматериалов, отснятых на нужной высоте и с заданным взаимным пересечением. Программное обеспечение (ПО) находит общие точки на перекрывающихся снимках, посредством триангуляции строит трехмерную модель поверхности и далее сшивает все снимки в единое геореферированное изображение (ортофотоплан).

Для уточнения границ нерестилищ 30 апреля выполнены контрольные водолазные станции от м. Томари–Анива до м. Юноны на глубинах от 0,5 м до 3–5 м и пешее обследование литоральной зоны в период отлива на глубинах от нескольких сантиметров до 0,5 м. Дополнительно использовали матери-

лы икорной водолазной съемки, проведенной в зал. Анива в мае 2021 г. (**Результаты обследования...**, 2021; **Ившина, 2022**). Водолазные работы выполняли по стандартной методике обследования нерестилищ сельди, принятой в Дальневосточном регионе (**Науменко, 2001; Дуленин, Диденко, 2021**).

**Рыбаки-любители.** Пробные работы по учету рыбаков-любителей осуществлены в месте массовой любительской подледной рыбалки на оз. Выселковое (см. **рис. 1**). Беспилотная фото- и видеосъемка контрольного участка оз. Выселковое выполнена 21.12.2021 г. квадрокоптером DJI Mini 2. Обследован участок площадью 905 500 м<sup>2</sup> при разрешении 1–2 см/пикс, съемка производилась на высоте 340–350 м при температуре воздуха –10 °С, проведена одна миссия, отснято 1,327 км, сделано 90 фото. Использовали только ручные миссии функционала штатного ПО для аппаратов производства DJI: DJI Fly. По результатам миссии материал съемки посредством фотограмметрического ПО преобразовывали в ортофотоплан. Эти данные использовали для расчета общей численности рыбаков-любителей. Также были проанализированы отдельные фотографии. Для анализа был выбран самый качественный снимок, охватывающий наибольшую территорию исследований.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Оценка площади нерестилищ сельди.** В зал. Анива, как и в других районах южного побережья о. Сахалин, с 1960-х гг. нерест сельди практически не наблюдался вследствие ее крайне низкой численности. После многолетнего перерыва при возрастающем запасе сельди у южного Сахалина, включая зал. Анива, со второй половины 2010-х гг. стали заметны многочисленные нерестовые подходы рыб к побережью (**Ившина, 2022**). У южного побережья о. Сахалин нерест сельди проходит на мелководье на глубинах от нескольких сантиметров до 3–8 м, и районы массовых подходов сельди легко визуально прослеживаются, что позволяет использовать БПЛА. Немаловажным фактором является транспортная доступность большинства районов нереста у южного побережья острова, что дает возможность оперативно провести аэровизуальное обследование.

В зал. Анива массовый нерест сельди в годы ее высокой численности до конца 1950-х гг., как правило, отмечался во второй-третьей декаде апреля (**Шмидт, 1905; Пробатов, 1954; Дружинин, 1957**). Возобновились многочисленные нерестовые подходы рыб в апреле 2017–2018 гг. В 2022 г. в северной части зал. Анива первые массовые нерестовые подходы сельди отмечены 14–15 апреля повсеместно от м. Томари–Анива до песчаного пляжа, прилегающего к р. Мерея, и с северной стороны м. Юноны. В бухте Лососей нерест сельди начался 15 апреля и продолжался как минимум до 19 апреля. В районе м. Юнона – с. Озерское известные даты нереста в 2022 г.: 15–17 и 26 апреля, 14–15 мая.

В ходе работ с БПЛА 15 и 19 апреля по цвету воды оконтурены участки нереста сельди и рассчитаны их площади. В качестве примера на **рисунках 2–4** приведены аэрофотоснимки отдельных участков акватории в период нереста и соответствующие им ортофотопланы с расчетной площадью оконтуренных пятен воды «молочного» цвета с присутствием половых продуктов сельди различной концентрации.



**Рис. 2.** Нерест сельди в северной части зал. Анива 15.04.2022 г., западная сторона м. Юноны (слева) и ортофотоплан оконтуренной площади «молочной воды» (справа)

**Fig. 2.** Herring spawning in the northern part of the Aniva Bay on April 15, 2022, western side of Cape Yunona (left) and orthophotoplan of the contoured area of “milky water” (right)



**Рис. 3.** Нерест сельди в бухте Лососей 19.04.2022 г., северная граница г. Корсаков – с. Первая Падь (слева) и ортофотоплан оконтуренной площади «молочной воды» (справа)

**Fig. 3.** Herring spawning in the Salmon Bay on April 19, 2022, the northern border of Korsakov city – Pervaya Pad village (left) and orthophotoplan of the contoured area of “milky water” (right)



**Рис. 4.** Нерест сельди в бухте Лососей 19.04.2022 г., с. Вторая Падь – с. Первая Падь (слева) и ортофотоплан оконтуренной площади «молочной воды» (справа)

**Fig. 4.** Herring spawning in the Salmon Bay on April 19, 2022, Second Pad village – Pervaya Pad village (left) and orthophotoplan of the contoured area of “milky water” (right)

На акватории от м. Томари–Анива (г. Корсаков) до песчаного пляжа р. Меря площадь прибрежной акватории, окрашенная половыми продуктами сельди, 15 апреля оценена с БПЛА в 1 561,3 тыс. м<sup>2</sup>, на акватории, прилегающей к м. Юноны, – в 197,7 тыс. м<sup>2</sup> (см. **рис. 2**). Как показало визуальное обследование литоральной зоны в отлив и наблюдения водолазов 30 апреля, икра сельди располагалась практически повсеместно на глубинах от 0,2–0,5 м до 3,0–4,5 м. Распределение икры вдоль побережья определялось, главным образом, шириной пояса морских трав (массовые виды *Phyllospadix iwatensis*, *Zostera marina*) – основного нерестового субстрата для сельди в зал. Анива. С учетом результатов водолазного обследования 30.04.2022 г. и материалов икорной водолазной съемки 2021 г. (**Результаты обследования..., 2021**) суммарная площадь нерестилищ от м. Томари–Анива до песчаного пляжа р. Меря и у м. Юноны оценена в 1 120 тыс. м<sup>2</sup> (**табл.**).

**Таблица**

**Результаты оценки площади нерестилищ сельди  
в зал. Анива в апреле 2022 г.**

**Table**

**Results of accounting for the area of herring spawning  
grounds, Aniva Bay, April, 2022**

Район	Дата обследования	Ученная площадь «молочной воды», тыс. м <sup>2</sup>	Глубина распределения икры сельди на субстрате, м	Проективное покрытие дна макрофитами, %	Площадь нерестилищ, тыс. м <sup>2</sup> *
м. Томари–Анива (г. Корсаков) – р. Хрущевка	15 апреля	762,3	0,1–4,5	30–50	350
р. Хрущевка – р. Нечаевка		–	0,1–4,5	50	360**
р. Нечаевка – пляж р. Меря		799,0	0,1–4,0	30–100	300
м. Юноны, западная сторона		197,7	0,1–2,5	50–100	100
м. Юноны – с. Озерское		–	0,1–3,0	20–100	10**
с. Первая Падь – с. Вторая Падь (бухта Лососей)	19 апреля	482,4	0,1–2,5	20–50	200
г. Корсаков – с. Первая Падь (бухта Лососей)		578,3	0,1–2,5	20–100	200
Всего		2 819,7	0,1–4,5	20–100	1 520

\* С учетом результатов, полученных с помощью БПЛА в мае 2021 г. (икорная съемка) и 30.04.2022 г. (контрольные водолазные станции). \*\* На основании результатов икорной съемки в мае 2021 г.

В бухте Лососей с помощью БПЛА нерест зафиксирован 19 апреля от с. Вторая Падь до г. Корсакова. Площадь акватории, окрашенной половыми продуктами сельди, оценена в 1 060,7 тыс. м<sup>2</sup>, площадь нерестилища, с учетом распределения икры на субстрате до глубины 2–3 м, – около 400 тыс. м<sup>2</sup> (см. **табл.**).

На акватории от м. Томари–Анива до с. Нечаевка и от м. Юноны до с. Озерское 19 апреля видимых следов нереста сельди не зафиксировано.

Всего в 2022 г. по итогам аэровизуального обследования от с. Вторая Падь до с. Озерское суммарная площадь акватории, окрашенной половыми продуктами сельди, оценена в 2 819,7 тыс. м<sup>2</sup>. При этом общая площадь нерестилищ, с учетом данных контрольных водолазных станций и материалов икорной водолазной съемки 2021 г., оценена величиной на 46% меньшей – 1 520 тыс. м<sup>2</sup>. По итогам тестовых работ зафиксировано увеличение в 2,2 раза площади основных нерестилищ сельди в зал. Анива в 2022 г. (1 520 тыс. м<sup>2</sup>) по сравнению с 2021 г. (684 тыс. м<sup>2</sup>).

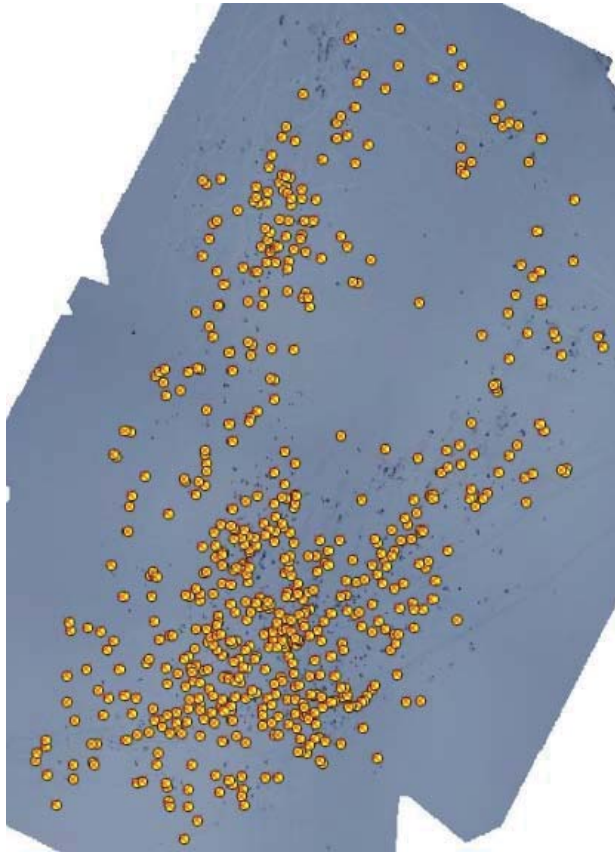
**Учет рыбаков-любителей.** Работы по учету рыбаков-любителей на льду в различных субъектах РФ при помощи БПЛА в настоящее время производятся в основном органами МЧС. Во время облета фиксируются дислокация рыболовов-любителей, состояние ледового припая, места его возможного разрушения. Это делается для оперативного оповещения рыбаков о разрушении припая и малой толщине льда, опасной для нахождения на нем. Также БПЛА используются правоохранительными органами для недопущения незаконного промысла (Дуленин и др., 2021).

«СахНИРО» с 2013 г. проводит мониторинговые работы для оценки количества вылавливаемой рыбы рыбаками-любителями. Для этого применяется подсчет находящихся на месте лова рыбаков при помощи учета машин, при пешем обходе территории рыбалки, а также с привлечением опросных данных. Использование БПЛА в этом плане является перспективным направлением, так как с воздуха учет количества людей представляется более точным.

Рыбаки-любители в оз. Выселковое (оз. Буссе, северная часть зал. Анива) вылавливают морскую малоротую корюшку из-под льда при помощи удобных снастей. Лов начинается при становлении прочного ледового припая, обычно с первых чисел декабря, и заканчивается при распалении льда в марте. Основной пик лова приходится на середину декабря, когда морская малоротая корюшка образует наиболее значимые нагульные скопления. Период исследований 21.12.2021 г. совпал со временем интенсивной рыбалки.

Пробные полеты показали, что для полного охвата района лова высота съемки должна составлять 340–350 м, хотя при этом страдает резкость фотографий. При обработке ортофотопланов, полученных с такой высоты, выяснено, что наиболее четко фиксируются установленные на лед палатки, рыбаки-любители из-за движения и перемещений выглядят размытыми пятнами. Пятнами также выглядят участки озера с расчищенным от снега льдом и оставленные на льду вещи. Поэтому на ортофотоплане решили учитывать количество установленных палаток (рис. 5). По результатам обработки данных на отснятом участке зафиксировано 614 объектов.

Для более точного распознавания объектов на льду были выполнены снимки с высоты 200 м. При анализе и обработке отдельных фотоснимков идентифицированы палатки, рыбаки-любители без палаток, темные участки льда, свободные от снега, рыбаки, находящиеся возле палаток (рис. 6). По результатам анализа было насчитано 576 палаток (93,8% от учтенных на ортофотоплане) и 130 рыбаков, не имеющих палаток (определены по вещам, расположенным рядом с ними).



**Рис. 5.** Ортофотоплан оз. Выселковое с выделенными палатками, высота аэрофотосъемки – 340–350 м (21.12.2021 г.)

**Fig. 5.** Orthophotoplan of the Vyselkovo Lake with dedicated tents, height of aerial photography survey 340–350 m (21.12.2021)



**Рис. 6.** Фотоснимок оз. Выселковое с выделенными объектами, высота аэрофотосъемки – 200 м (21.12.2021 г.)

**Fig. 6.** Photograph of the Vyselkovo Lake with selected objects, height of aerial photography survey 200 m (21.12.2021)



Учет рыбаков-любителей по ортофотоплану, как выяснилось, осложняет ряд неопределенностей. Они могут производить лов как внутри палатки, так и снаружи на некотором расстоянии, установив палатку только для питания и обогрева. Также не выяснено, сколько рыболовов приходится на одну палатку. Качество полученного ортофотоплана не позволяет произвести подробную выборку. Для создания ортофотоплана пригодны фотографии, полученные при ориентировке камеры в надир (вид сверху), при этом возможности идентификации объектов снижаются. При обработке фотографии, полученной под небольшим углом, выявление объектов происходит точнее, так как, например, стоящий человек при съемке строго сверху занимает на снимке гораздо меньшую площадь, чем при съемке сбоку.

Еще одним фактором, затрудняющим расчеты, является неодинаковое количество рыбаков в течение дня – утром обычно людей больше, к вечеру количество рыболовов-любителей уменьшается. При съемке с БПЛА невозможно подсчитать количество выловленной рыбы, так как она может находиться в палатке или сразу убирается в емкость. Также неизвестен видовой состав уловов. Если на оз. Выселковое в основном ловят морскую малоротую корюшку, то в других районах уловы смешанные, наряду с корюшками встречаются навага *Eleginus gracilis* и другие виды рыб. Осложняют использование дронов и погодные условия. Любительский лов производят практически при любой погоде, а для съемки с БПЛА необходимы хорошая видимость, отсутствие сильного ветра и осадков. Для получения более полных данных следует учитывать не только рыбаков на льду, но и количество машин, находящихся у берега водоема.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе тестовых работ по учету нерестилищ сельди в зал. Анива и оценке их площади с помощью БПЛА в комплексе с водолазными работами и привлечением материалов ранее выполненной икорно-водолазной съемки получен важный прикладной результат. На фоне роста численности сахалино-хоккайдской сельди отмечено увеличение площади ее нерестилищ в северной части зал. Анива в 2,2 раза (до 1 520 тыс. м<sup>2</sup>) в 2022 г. по сравнению с 2021 г. (684 тыс. м<sup>2</sup>). Уже первые эксперименты показали возможность уверенной оценки масштабов нереста сельди на доступных для обследования участках акватории. Однако при организации работ с БПЛА для определения площади нерестилищ и последующих расчетов численности нерестовой сельди требуется учесть несколько нюансов.

Основной проблемой является необходимость наличия точной информации о дате и месте нереста. При отсутствии таких данных уже через сутки или менее, в зависимости от интенсивности нереста и силы и направления ветра, его видимые следы малозаметны или отсутствуют, и соответственно, выполнить работу по учету нерестилищ с привлечением БПЛА либо невозможно, либо полученные результаты будут сильно искажены. Кроме того, на аэрофотоснимках видны границы «молочных пятен» воды, но не границы нерестилища, которые необходимо уточнять с помощью водолазов и/или телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов. Таким образом, при отсутствии в настоящее время достаточного ряда наблюдений по морским травмам (основному нерестовому субстрату), глубине залегания и плотности кладок

икры сельди в зал. Анива съемки БПЛА целесообразно выполнять в комплексе с подводными съемками (водолазными либо с применением ТНПА).

Эксперименты по учету рыболовов-любителей показали, что для повышения точности получаемых оценок съемки с БПЛА необходимо совмещать с пешим обходом района лова с визуальным осмотром и опросом, исходя из которых впоследствии оценивать видовой состав и среднюю величину улова. Число рыбаков не одинаково в течение дня, поэтому съемку желательно производить три раза – утром, в обед и вечером.

Для качественного учета рыбаков при съемке с БПЛА можно рекомендовать:

- применять короткие выдержки при проведении аэрофотосъемки в зависимости от уровня освещенности и скорости летательного аппарата, но не короче 1/400. Параметр ISO на DJI Mini 2 допускается использовать не выше 200, так как в таком случае детализация изображения заметно падает;

- проводить аэрофотосъемку на высоте не более 200 м при наличии яркого солнечного света. При этом повышается точность распознавания как палаток, так и людей на снежном (белом) фоне, а также минимизируется количество шума и достигается максимальная резкость кадра. Следует осуществлять достаточное количество снимков с перекрытием, охватывающих весь район исследований для создания качественных ортофотопланов;

- использовать фотокамеры с качественными матрицами и соблюдать адекватные скорости летательного аппарата во избежание смазывания кадра. Для съемок рекомендуем использовать БПЛА DJI Phantom 4 Pro или аналог со сходными техническими характеристиками.

## ЛИТЕРАТУРА

**Бизиков В. А., Болтнев Е. А., Петров Е. А. и др.** Экспериментальная авиасъемка байкальской нерпы с использованием БПЛА большой дальности // Тр. ВНИРО. – 2019. – Т. 175. – С. 226–229.

**Бизиков В. А., Беляев В. А., Черноок В. И. и др.** Оценка численности популяции каспийского тюленя по результатам инструментальных авиаучетов на льдах в северной части Каспийского моря в 2012, 2020 и 2021 гг. // Исполыз. и охрана природ. ресурсов в России. – 2021. – № 4. – С. 81–93.

**Бизиков В. А., Петерфельд В. А., Черноок В. И. и др.** Методические рекомендации по проведению учета приплода байкальской нерпы (*Pusa sibirica*) с беспилотных летательных аппаратов в Байкальском рыбохозяйственном бассейне. – М. : ВНИРО, 2021а. – 56 с.

**Бизиков В. А., Сидоров Л. К., Петерфельд В. А., Болтнев Е. А.** Применение беспилотных летательных аппаратов для оценки численности байкальской нерпы // Биол. разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование : Материалы III Междунар. науч.-практ. конф. – Симферополь, 2022. – С. 108–113.

**Дружинин А. Д.** Материалы по биологии анивской сельди // Изв. ТИНРО. – 1957. – Т. 44. – С. 13–38.

**Дуленин А. А., Диденко Д. С.** Количественные закономерности распределения обькрения на естественных нерестилищах охотской сельди // Тр. ВНИРО. – 2021. – Т. 186, № 4. – С. 5–20.

**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, № 3. – С. 134–151.

**Дуленин А. А., Свиридов В. В.** Отработка инструментальных методов учета площади нерестилищ сельди в Охотском море // Вопр. рыболовства. – 2022. – Т. 23, № 2. – С. 216–231.

- Запорожец О. М., Запорожец Г. В.** Использование фото- и видеofиксации для оценки количества производителей тихоокеанских лососей на нерестилищах и путях их миграций: некоторые методические подходы // Исслед. вод. 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.
- Ившина Э. Р.** Современное состояние запасов сахалино-хоккайдской сельди *Clupea pallasii* у побережья о. Сахалин и южных Курильских островов // Изв. ТИНРО. – 2022. – Т. 202, вып. 1. – С. 61–70.
- Науменко Н. И.** Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока. – П-Камчат. : Камчат. печат. двор, 2001. – 334 с.
- Пробатов А. Н.** Распределение и численность нерестовой сельди у восточных берегов Японского моря // Изв. ТИНРО. – 1954. – Т. 39. – С. 21–58.
- Результаты** обследования нерестилищ сельди тихоокеанской *Clupea pallasii* в зал. Анива в мае 2021 года. Данные по промыслу сельди в апреле–июне 2021 года : Отчет о НИР / Э. Р. Ившина. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2021. – 35 с. – (Науч. арх. «СахНИРО». Инв. № 13108н/а).
- Свиридов В. В., Золотухин С. Ф.** Методы ГИС для инвентаризации нерестилищ тихоокеанских лососей р. Амур // Изв. ТИНРО. – 2020. – Т. 200, вып. 3. – С. 730–746.
- Свиридов В. В., Коцюк Д. В., Подорожник Е. В.** Беспилотный фотограмметрический учет тихоокеанских лососей посредством БПЛА потребительского класса // Изв. ТИНРО. – 2022. – Т. 202, вып. 2. – С. 429–449.
- Свиридов В. В., Подорожник Е. В., Никитин В. Д., Скорик А. В.** Модификации беспилотного учета производителей тихоокеанских лососей в реках Сахалинской области и Хабаровского края // Изв. ТИНРО. – 2022а. – Т. 202, вып. 4. – (В печати).
- Шмидт П. Ю.** Морские промыслы острова Сахалин. – С-Петербург : Типография Г. П. Пожарова, 1905. – 458 с.
- Goebel M. E., Perryman W. L., Hinke J. T. et al.** A small unmanned aerial system for estimating abundance and size of Antarctic predators // Polar Biology. – 2015. – Vol. 38. – P. 619–630.
- Harris J. M., Nelson J. A., Rieucan G., Broussard W. P.** Use of unmanned aircraft systems in fishery science // Trans. Am. Fish. Soc. – 2019. – Vol. 148, Is. 4. – P. 687–697.
- Koski W. R., Gamage G., Davis A. R. et al.** Evaluation of UAS for photographic re-identification of bowhead whales, *Balaena mysticetus* // Journal of Unmanned Vehicle Systems. – 2015. – Vol. 3. – P. 22–29.
- Kudo H., Koshino Y., Eto A. et al.** Cost-effective accurate estimates of adult chum salmon, *Oncorhynchus keta*, abundance in a Japanese river using a radio-controlled helicopter // Fish. Res. – 2012. – Vol. 119–120. – P. 94–98.
- Maselko J. M., Connor W. P.** Testing unmanned aircraft systems for salmon spawning surveys // FACETS. – 2016. – Vol. 1. – P. 187–204.
- Raoult V., Colefax A. P., Allan B. M. et al.** Operational protocols for the use of drones in marine animal research // Drones. – 2020. – Vol. 4, Is. 4. – P. 1–35.
- Ventura D., Bonifazi A., Gravina M. F. et al.** Mapping and classification of ecologically sensitive marine habitats using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) imagery and object-based image analysis (OBIA) // Remote Sensing. – 2018. – Vol. 10, No. 9. – P. 1331–1353.
- Xu F., Gao Z., Jiang X. et al.** A UAV and S2A data-based estimation of the initial biomass of green algae in the South Yellow Sea // Marine Pollution Bulletin. – 2018. – Vol. 128. – P. 408–414.