

Научная статья

УДК 582.272.46:626.02

DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-450-465

EDN: CNZZDE



## ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА ОЦЕНКИ ЗАПАСА САХАРИНЫ ЯПОНСКОЙ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТАТАРСКОГО ПРОЛИВА

А.А. Дуленин, А.В. Харитонов, В.В. Свиридов\*

Хабаровский филиал ВНИРО (ХабаровскНИРО),  
680038, г. Хабаровск, Амурский бульвар, 13а

**Аннотация.** В 2021 г. проведены работы по сравнению разных способов оценки промыслового запаса сахарины японской — основного промыслового вида макрофитов Дальнего Востока России. Исследования выполнены на 11 участках с борта НИС «Убежденный» и с маломерных судов в северо-западной части Татарского пролива в районе протяженностью 44 км к югу от зал. Советская Гавань, между мысами Красный Партизан и Коровина (от 48°58' с.ш. 140°23' в.д. до 48°37' с.ш. 140°11' в.д.), где находятся традиционные места промысла сахарины японской. Сравнивали 4 способа расчета запасов: на основе независимых визуальных оценок проективного покрытия (ПП), выполненных двумя наблюдателями с поверхности; на основе независимого определения ПП двумя наблюдателями по сериям изображений, полученных с борта телеуправляемого необитаемого подводного аппарата (ТНПА); на основе оценок ПП, выполненных водолазом, и на основе количественных водолазных сборов. Оценки запаса первыми тремя способами сопоставимы и различаются в 1,2–1,7 раза. Оценки на основе водолажных сборов превышают их в 2,4–4,1 раза из-за артефактов учета водолажным способом. Для устранения искажений водолазные сборы необходимо проводить под контролем с поверхности посредством ТНПА. Водолазные оценки ПП нецелесообразны. Визуальные оценки ПП с поверхности просты и дешевы, но не позволяют документировать результаты съемки. Для оценки промысловых ресурсов сахарины японской оптимально применение микроТНПА, которые обеспечивают возможность адекватного учета обилия и полного документирования получаемых материалов.

**Ключевые слова:** сахарина японская, Татарский пролив, оценка запасов, методы, сравнение

**Для цитирования:** Дуленин А.А., Харитонов А.В., Свиридов В.В. Выбор оптимального способа оценки запаса сахарины японской в северо-западной части Татарского пролива // Изв. ТИНРО. — 2022. — Т. 202, вып. 2. — С. 450–465. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-450-465. EDN: CNZZDE.

\* Дуленин Александр Алексеевич, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, [dulenin@mail.ru](mailto:dulenin@mail.ru), ORCID 0000-0002-3491-6805; Харитонов Александр Викторович, ведущий специалист, [kharitonov69@bk.ru](mailto:kharitonov69@bk.ru); Свиридов Владимир Владимирович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, [vladimir.sviridov@gmail.com](mailto:vladimir.sviridov@gmail.com), ORCID 0000-0002-6060-1532.

## Choosing the optimal method of stock assessment for *Saccharina japonica* in the northwestern Tatar Strait

Alexander A. Dulenin\*, Alexander V. Kharitonov\*\*, Vladimir V. Sviridov\*\*\*

\*, \*\*, \*\*\* Khabarovsk branch of VNIRO (KhabarovskNIRO),

13a, Amursky Boulevard, Khabarovsk, 680038, Russia

\* Ph.D., leading researcher, [dulenin@mail.ru](mailto:dulenin@mail.ru)

\*\* leading specialist, [kharitonov69@bk.ru](mailto:kharitonov69@bk.ru)

\*\*\* Ph.D., leading researcher, [sviridov@gmail.com](mailto:sviridov@gmail.com)

**Abstract.** Experiments on comparing the methods for assessment of *Saccharina japonica* commercial stock were conducted in 2021. In total, 11 sites in the northwestern Tatar Strait southward from the Sovetskaya Gavan Bay, along the 44 km stretch of coastline between Cape Krasny Partizan (48°58' N 140°23' E) and Cape Korovin (48°37' N 140°11' E), were surveyed aboard RV Ubezhdenny and small boats. This is a traditional area of *Saccharina japonica* commercial harvesting. Four methods were compared: 1) visual assessment of projective cover from the sea surface by two observers independently; 2) assessment of projective cover by two observers independently on the images obtained from a remotely operated underwater vehicle (ROV); 3) estimation of projective cover by a diver; and 4) assessment on the data of quantitative diving samples. The former three methods are comparable and differ by 1.2–1.7 times. The estimates made by the latter method of diving sampling exceed them by 2.4–4.1 times because of artifacts specific to this method. To eliminate inaccuracies, diving samples should be collected under control from the sea surface by ROV. Evaluation of the projective cover by diver is inadvisable. Visual assessments of the projective cover from the sea surface are simple and cheap but inconvenient for documentation. The stock assessment with micro-ROV is recognized as the optimal method provided an adequate accounting of the kelp abundance and complete documenting of the survey materials.

**Keywords:** *Saccharina japonica*, Tatar Strait, stock assessment, methods comparison

**For citation:** Dulenin A.A., Kharitonov A.V., Sviridov V.V. Choosing the optimal method of stock assessment for *Saccharina japonica* in the northwestern Tatar Strait, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2022, vol. 202, no. 2, pp. 450–465. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-450-465. EDN: CNZZDE.

### Введение

Сахарина японская (*Saccharina japonica* (Areschoug) C.E. Lane, C. Mayes, Druehl & G.W. Saunders 2006) является основным эксплуатируемым видом морских донных макрофитов на Дальнем Востоке России [Ресурсы..., 2020]. Кроме того, это единственный добываемый вид промысловых морских растений в Хабаровском крае [Дуленин, 2012].

Ресурсы этого вида оценивали разными способами. Во время первых экспедиций по определению промысловых запасов морских растений на Дальнем Востоке, в 20–30-е гг. прошлого века, ресурсы и возможности промысла морской капусты оценивались на основании визуальных наблюдений и сборов, выполненных ручными дражками и канзами [Зинова, 1928, 1940; Гайл, 1930, 1936а, б; и т.д.]. В перечисленных работах количественные методы учета запасов, которые обеспечивали бы проверяемость и воспроизводимость результатов, не приводятся. Фактически промысловые ресурсы в этот период оценивали экспертно.

В последующие полвека, с 60-х гг. XX столетия по первое десятилетие текущего, наступила эпоха больших водолазных съемок. Ресурсы водорослей у побережий Хабаровского края, как и Дальнего Востока в целом, в этот период оценивали по данным количественных водолазных сборов [Суховеева, 1967, 1969; Дуленин, 2003, 2012; Суховеева, Подкорытова, 2006; Блинова, 2014]. Это обеспечило сходство методик и принципиальную сравнимость результатов съемок. Однако специфика водолазных съемок такова, что неизбежны серьезные искажения количественных оценок, особенно когда сборы по упрощенным схемам выполняют водолазы, не являющиеся специалистами-

гидробиологами [Дуленин, 2017]. Кроме того, водолазные съемки весьма дороги, а потому в настоящее время проводятся редко.

Для устранения этих недостатков в 2015 г. разработан и используется простой и дешевый метод оценки промыслового запаса сахарины японской на основании пересчета количественных визуальных оценок проективного покрытия (ПП) в удельную биомассу (УБМ) по данным визуальных наблюдений с поверхности при съемках с борта маломерных судов [Дуленин, 2016]. Далее этот метод был модифицирован, и в настоящее время визуальные оценки ПП для обеспечения проверяемости результатов выполняются параллельно двумя независимыми наблюдателями [Дуленин, 2020].

Кроме того, в 2021 г. для оценки ресурсов макрофитов протяженного морского побережья в северо-западной части Татарского пролива был впервые использован телеуправляемый необитаемый подводный аппарат (ТНПА) параллельно с водолазной съемкой [Дуленин и др., в печати].

В последние десятилетия активно развиваются методы дистанционного зондирования для оценки распределения и обилия макрофитов с применением разнообразных программных средств, в том числе компьютерного зрения и искусственного интеллекта [Jakubauskas et al., 2000; Urbanski et al., 2009; Minicheva et al., 2014; Liang et al., 2017; Nababan et al., 2021]. Однако получаемые результаты сильно зависят от условий съемки, похожие виды неразличимы автоматизированными средствами, вследствие чего остаются необходимыми водолазные исследования и визуальные наблюдения [Uhl et al., 2016].

Водолазные сборы и разные методы визуальных наблюдений имеют свои достоинства и недостатки. Было бы полезно сопоставить результаты, полученные этими методами на одном участке и в течение одного сезона. Однако авторам не известны такие работы в отношении сахарины японской.

В связи с этим цель работы — сравнить оценки запаса сахарины японской на одном и том же участке, полученные разными способами, выбрав из них оптимальные для практического применения.

### **Материалы и методы**

Сравнительные исследования были ограничены районом в северо-западной части Татарского пролива к югу от зал. Советская Гавань, между мысами Красный Партизан на севере и Коровина на юге (от 48°58' с.ш. 140°23' в.д. до 48°37' с.ш. 140°11' в.д.), протяженностью 44 км, где находятся традиционные места промысла сахарины японской (рис. 1). Учетные работы выполнены на глубинах от 2 до 6 м, где сосредоточены основные промысловые ресурсы вида [Дуленин, 2019, 2020].

Были использованы:

- оценки УБМ по результатам водолазных сборов со стандартных учетных площадок;
- визуальные оценки ПП, выполненные водолазом на дне;
- оценки ПП двумя независимыми наблюдателями по фотографиям, сделанным посредством микроТНПА на участках водолазных погружений;
- оценки ПП двумя независимыми наблюдателями по осмотрам дна с поверхности.

Данные водолазных наблюдений и сборов, а также материалы с микроТНПА были получены в июле 2021 г. во время экспедиции НИС «Убежденный» Базы исследовательского флота ВНИРО (БИФ ВНИРО), во время которой проводились работы по определению состояния ресурсов промысловых макрофитов материкового побережья Японского моря в границах Хабаровского края. Непосредственно съемку вели с борта специализированного маломерного водолазного бота, который базировался на материнском судне.



Рис. 1. Район проведения сравнительных оценок запаса сахарины японской в Татарском проливе в 2021 г.

Fig. 1. The area of comparative assessments of *Saccharina japonica* stock in the Tatar Strait in 2021

Водолазные сборы выполняли штатные водолазы БИФ ВНИРО по стандартным упрощенным методикам, которые применяются во время регулярных ресурсных водолазных съемок [Дуленин, 2003]. Делали гидробиологические разрезы из серий станций перпендикулярно берегу. Расстояние между разрезами составляло в среднем 4 км. В обозначенном районе было выполнено 11 разрезов. Поскольку пояс сахарины японской располагается преимущественно у берега, для сравнительной оценки ее запасов использовали данные станций, ближайших к берегу, выполненных на глубине 3–5 м. На каждой станции водолаз выполнял тотальные сборы макрофитов со стандартной учетной площади 0,25 м<sup>2</sup>. Чтобы получить УБМ на 1 м<sup>2</sup>, биомассу каждой пробы умножали на 4. Кроме того, водолаз визуально оценивал ПП массовых видов растительности. Площадь осмотра, в зависимости от прозрачности воды, погодных условий и однородности растительного покрова, составляла от 10 до 100–500 м<sup>2</sup>, в среднем порядка 200 м<sup>2</sup>.

Параллельно и одновременно с водолазными станциям выполняли погружения микроТНПА Chasing M2 таким образом, что с одного борта водолазного бота погружался водолаз, а с другого — подводный робот. Изображения, получаемые камерой ТНПА, передавались с пульта управления на экран мобильного устройства (смартфон) оператора через Wi-Fi посредством специализированного мобильного приложения Chasing GO1 (рис. 2). Для того чтобы получить общую картину распределения растительности, на каждой станции ТНПА делал короткие трансекты длиной 10–20 м. Поскольку трансекты выполняли в дрейфе, они были ориентированы по направлению течения, преимущественно параллельно берегу. Во время осуществления каждой трансекты оператор делал серию скриншотов (снимков экрана) выводимых изображений (3–10, в зависимости от степени однородности растительности и условий съемки) через приблизительно равные промежутки времени (5–7 с). Так как недорогие потребительские микроТНПА в настоящее время не имеют собственных систем позиционирования под водой, географическую привязку снимков, получаемых с подводного робота, делали посредством мобильной ГИС в NextGIS Mobile, загруженной на смартфон. Для этого треки передвижений с их атрибутивными данными (географическими координатами

и временем записи) записывались в мобильную ГИС автоматически, а номера станций — вручную. Далее в камеральных условиях отснятые скриншоты и информацию из мобильной ГИС переносили на персональный компьютер. После этого при помощи свободно распространяемой программы GeoSetter по записанному в метаданных скриншотов времени съемки эти скриншоты синхронизировались с данными треков, а в их метаданных автоматически прописывались координаты выполнения снимков. Далее два наблюдателя независимо друг от друга просматривали серии снимков, выполненных на каждой станции.

На каждом снимке наблюдатели независимо друг от друга визуально определяли ПП сахарины японской. По серии снимков, полученных на каждой станции, вычисляли среднее ПП, оцененное каждым наблюдателем. Площадь обзора каждого снимка составляла от 1,4 м<sup>2</sup> при расположении ТНПА на расстоянии 0,5 м от пояса растительности до первых десятков квадратных метров при расположении аппарата на большей высоте над поясом растительности.

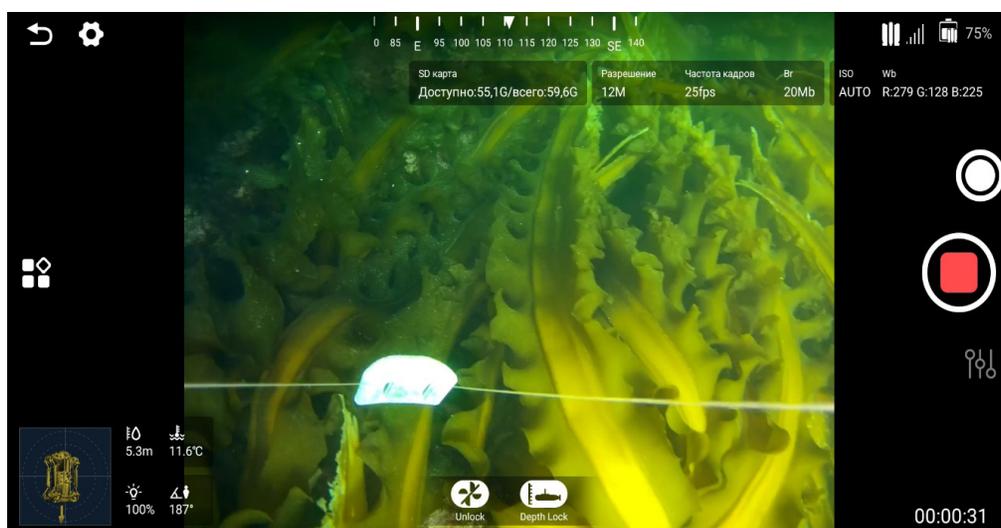


Рис. 2. Снимок экрана приложения Chasing GO1 с изображением промышленного поселения сахарины японской, полученного с микроТНПА

Fig. 2. Screenshot of Chasing GO1 application with a picture of *Saccharina japonica* commercial aggregation translated from a micro-ROV

Поскольку независимые визуальные наблюдения с поверхности [Дуленин, 2020] при съемке на НИС «Убежденный» не удалось провести из-за неблагоприятных погодных условий, они были выполнены позднее — 20 сентября 2021 г. с борта маломерного катера при благоприятной погоде. Обе стадии учетных работ (в июле и сентябре) были проведены по летнему аспекту растительности, так как разрушения слоевищ сахарины японской, типичного для осеннего аспекта, еще не наблюдалось. В связи в этом нами было принято допущение о принципиальной возможности сравнения полученных результатов.

Обзоры выполняли делая короткие трансекты перпендикулярно или под углом к берегу, от верхних границ поселений сахарины японской на глубине 1 м до нижней границы видимости на глубине 6 м. На каждом участке 2 сотрудника независимо друг от друга определяли среднее ПП дна сахаринной японской, осматривая, в зависимости от однородности растительности, прозрачности воды и погодных условий, порядка 200–500 м<sup>2</sup>. Ранее подобные наблюдения проводили при помощи водяного фонаря [Блинова и др., 2005; Дуленин, 2016]. Нами работа была выполнена без использования водяного фонаря, так как при хороших условиях наблюдения — по спокойной воде в утренние или вечерние часы, при положении солнца под углом 20–60° к горизонту —

наблюдения непосредственно с поверхности позволяют осматривать большие площади, чем водяной фонарь, и поэтому обеспечивают лучшие результаты.

Данные обоих наблюдателей о ПП осредняли (отдельно по наблюдениям с ТНПА и с поверхности). ПП указывали с точностью до 0,1. Для наблюдений, полученных четырьмя разными способами, хорошо согласованными считали результаты с предельной разностью оценки ПП до 0,3, умеренно согласованными — более 0,3, но не более 0,5, плохо согласованными — более 0,5. В качестве промысловых принимали участки, на которых ПП сахарины японской было не менее 0,5 [Дуленин, 2020]. По средним данным о ПП на каждой станции вычисляли УБМ, используя ранее полученную формулу [Дуленин, 2020]:

$$\text{УБМ} = \text{ПП} \cdot 11,65 - 0,27.$$

За отдельный участок принимали площадь дна вокруг выполненной станции, ограниченную половиной расстояния до соседних станций. Полученные показатели обилия экстраполировали на весь участок. Запас рассчитывали как произведение УБМ на площадь участка.

Результаты съемок визуализировали в настольной ГИС NextGIS QGIS. Статистическую обработку данных выполняли в свободно распространяемой программе PAST 3.25. Для оценки согласованности показаний наблюдателей вычисляли коэффициент конкордации  $\tau$  (тау) Кендалла, применяющийся для сравнения экспертных данных. Для сравнения результатов расчетов использовали критерий Колмогорова-Смирнова, пригодный для анализа малых выборок с произвольным характером распределения. Чтобы обеспечить возможность сравнения промыслового запаса на участках разной протяженности в разные годы и разными методами, использовали показатель удельного промыслового запаса (УПЗ), выраженного в тоннах на погонный километр побережья. Для выявления трендов изменения УПЗ во времени использовали процедуру регрессионного анализа.

### Результаты и их обсуждение

**Оценки ПП.** Явным образом видно, что результаты наблюдений различными способами могут хорошо совпадать на одних участках и весьма сильно различаться на других (рис. 3). Хорошо согласованные наблюдения получены на протяженных поясах однородной растительности, будь то мощные монодоминантные поселения сахарины японской на участке 1 с ПП 0,7–0,9; места, где она выступает в роли сопутствующего вида, как на участке 5 с ПП не более 0,1; или же места преобладания других видов донной растительности, как на участке 9, где ее ПП оценивается в 0,1–0,3. Плохо согласованные наблюдения типичны для участков комплексного сложения растительности, где перемежаются пятна небольшой площади с доминированием разных видов, либо экотонных зон.

Доля хорошо совпадающих результатов составила 36 % (4 участка), умеренно совпадающих — 46 % (5 участков), плохо совпадающих — 18 % (2 участка). Общая доля хорошо либо умеренно согласованных наблюдений составила 82 % при общей предельной ошибке показанных долей в 15 %. Этот результат можно было бы считать удовлетворительным, тем более что визуальные оценки часто отличаются значительными ошибками [Шмаков, Шулипенко, 1981; Кулепанов, Жильцова, 2004], а для промысловой разведки сахарины японской, хронически недоиспользуемой как в районе исследований, так и в большей части районов своего обитания [Ресурсы..., 2020], не требуется большая точность.

Тем не менее поскольку случаи рассогласованных наблюдений встречаются довольно часто, а максимальные разности в оценках ПП достигают внушительных 0,7–0,8, полученную картину следует проанализировать более подробно (табл. 1). Наилучшим образом и с высоким уровнем статистической значимости ( $\tau = 0,96, p < 0,0001$ ) оказались согласованы показания независимых наблюдений, выполненных с поверхности,

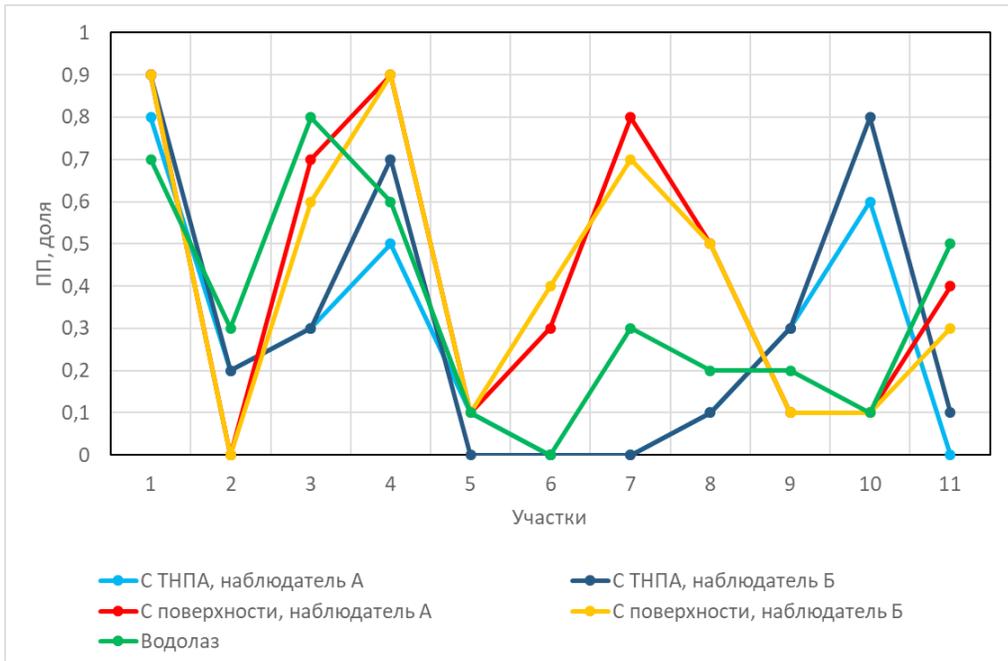


Рис. 3. Оценки ПП сахарины японской, полученные разными способами  
 Fig. 3. Projective cover of *Saccharina japonica* estimated by different methods

Таблица 1

Коэффициенты конкордации  $\tau$  (сверху) и вероятности ошибочного отклонения нулевой гипотезы  $p$  (снизу) по результатам сравнения визуальных оценок ПП сахарины японской, полученных разными способами

Table 1

Concordance coefficients  $\tau$  (up) and probability of false rejection of null hypothesis  $p$  (down) for comparison of *Saccharina japonica* projective cover estimated by different visual methods

	С ТНПА, А	С ТНПА, Б	Водолазные	С поверх., А	С поверх., Б
С ТНПА, А		<b>0,9</b>	0,25	0,08	0,08
С ТНПА, Б	<b>0,0001</b>		0,37	0,16	0,12
Водолазные	0,27	0,11		0,46	0,42
С поверхности, А	0,74	0,51	0,05		<b>0,96</b>
С поверхности, Б	0,74	0,61	0,07	<b>&lt; 0,0001</b>	

*Примечание.* Полужирным выделены наиболее высокие коэффициенты и статистически значимые результаты. А и Б — наблюдатели.

что соответствует и данным предыдущей работы [Дуленин, 2020]. Действительно, оценки наблюдателей либо совпадают, либо различаются на 0,1. Средняя разность оценок по модулю составила  $0,04 \pm 0,01$ . Столь высокая согласованность независимых оценок, выполненных с поверхности, легко объяснима. Во-первых, наблюдатели с поверхности благодаря широкому углу обзора осматривают сотни квадратных метров дна и на их оценки мало влияют элементы гетерогенности донной растительности небольшой площади (изменения ПП от куртины к куртине, включения других видов растительности, помимо учитываемого, и т.п.). Во-вторых, они имеют многолетний опыт выполнения таких работ (начиная с 2015 г.), благодаря чему не допускают заведомых ошибок в оценках (неверное определение вида сахарины, ее генерации и т.п.). Тем не менее, несмотря на высокую скорость работы, простоту и дешевизну, этот метод имеет существенный недостаток — результаты наблюдений почти невозможно задокументировать. Из-за преломления света поверхностью воды крайне трудно

получить фотографии, пригодные к дальнейшему анализу. Вполне очевидно, что для документирования наблюдений необходимо делать фото водорослевого пояса из-под воды, для чего оптимален микроТНПА.

Действительно, результаты сравнения оценок, сделанных по снимкам экрана ТНПА, тоже хорошо согласованы при высоком уровне статистической значимости ( $\tau = 0,9$ ,  $p = 0,0001$ ). Максимальные различия осредненных оценок двух наблюдателей по каждому участку достигали уже 0,2. Их средняя разность по модулю составила  $0,05 \pm 0,02$ , что столь же незначительно для практики, как и различия при наблюдениях с поверхности. Несколько меньшая согласованность объясняется, соответственно, тем, что в нашем исследовании с ТНПА осматривали на 1–2 порядка меньшую площадь (см. раздел «Материалы и методы»). Соответственно, в кадре чаще оказываются гетерогенные элементы растительности, на которых оценки ПП могут существенно различаться. Однако эту проблему легко решить, выполняя более протяженные трансекты (порядка 50 м) и располагая аппарат над растительностью на максимальной высоте хорошей видимости (от 1 до 5 м в зависимости от условий съемки). В ряде случаев на мелководьях или в прозрачной воде не требуется даже погружения аппарата: достаточно просто расположить его камерой вниз под поверхностью воды непосредственно у борта маломерного судна. Кроме того, значительным преимуществом микроТНПА по сравнению с наблюдениями с поверхности является то, что подводный робот мало чувствителен к условиям съемки. Он способен давать качественные результаты при работе в дождь, туман, в условиях ряби, волнения, сильных бликов и т.п., когда наблюдения с поверхности затруднены или невозможны. И, хотя в районе исследования промысловые запасы сахарины японской сосредоточены на мелководьях [Дуленин, 2019, 2020], в других районах Дальнего Востока России поселения промысловых макрофитов могут располагаться на глубине до 20 м и более [Паймеева, Гусарова, 1993; Паймеева, 1996; Ресурсы..., 2020]. В этих случаях, когда наблюдения с поверхности невозможны, микроТНПА становится оптимальным, а при отсутствии водолазов — единственным инструментом оценки промысловых запасов.

Однако главное достоинство применения микроТНПА заключается в абсолютном документировании результатов исследований посредством записи фото и видео максимально возможного качества и с координатными привязками, что позволяет анализировать полученные данные в камеральных условиях, с привлечением, если необходимо, сторонних экспертов. Кроме того, возможно и геореферирование снимков с их привязкой к картооснове вместе с треками, номерами станций, атрибутивными и прочими данными. При таком решении все снимки можно включить в ГИС в виде отдельного слоя, открывая каждый снимок по щелчку мыши непосредственно в точке его выполнения, обозначенной на карте, что удобно на практике. Такая организация данных реализуема в настольной ГИС Global Mapper. Условные недостатки работы с микроТНПА — существенная стоимость этих инструментов (200–300 тыс. руб. или более), несколько большее время выполнения трансект и более сложная обработка данных — с лихвой компенсируются перечисленными преимуществами.

Для получения более полной картины донной растительности целесообразно делать видеозаписи. Преимущество такого подхода состоит в том, что даже с короткого видеоролика продолжительностью 1–2 мин можно получить серию стоп-кадров почти любого объема как в регулярном безвыборочном режиме, так и в целенаправленном, для рассмотрения нужных объектов. Съемка в разрешении 4К обеспечивает максимальное качество изображения и получаемых стоп-кадров. Недостаток такого подхода в том, что видеоролик и стоп-кадры геореферировать весьма трудозатратно. Наша практика показала, что оптимальным способом съемки является параллельная запись на каждой трансекте видеороликов и скриншотов с последующим геореферированием последних.

Умеренные степени согласованности между собой наблюдений с поверхности и с микроТНПА ( $\tau = 0,51–0,74$ ) объясняются несовпадением трансект при съемке обоими методами. Впрочем, и различия между ними статистически незначимы

( $p = 0,08-0,16$ ). При выполнении таких исследований необходимо осознавать, что добиться совпадения трансект можно только при проведении исследований в идеальных условиях — в защищенных бухтах и при хорошей погоде. В условиях же реальной ресурсной съемки вдоль открытого побережья невозможно выполнить весь комплекс наблюдений одновременно. Действительно, в июле 2021 г. из-за постоянных дождей, туманов и волнения не удалось выполнить наблюдения с поверхности. В связи с этим проведение визуальных наблюдений было перенесено на сентябрь, отличающийся более благоприятными погодными условиями. При каждом повторном выполнении работ из-за отличающихся направлений волнения, течения и ветра маломерное судно движется другими галсами, поэтому в таких условиях нельзя добиться сколь-нибудь точного совпадения трансект (даже до первых десятков метров). В связи с этим достаточным условием воспроизводимости наблюдений мы сочли выполнение в обсуждаемом районе такого же количества трансект на тех же участках, что и при проведенной в июле водолазной съемке.

Данные водолазных наблюдений хуже всего оказались согласованы с результатами, полученными другими способами. Интересно, что они плохо согласованы с выполненными параллельно и одновременно наблюдениями с микроТНПА ( $\tau = 0,25$  и  $0,37, p = 0,27$  и  $0,11$ ), но существенно лучше — с результатами проведенных позже наблюдений с поверхности ( $\tau = 0,42$  и  $0,46, p = 0,51$  и  $0,74$ ). Таковую особенность, вероятно, следует объяснять тем, что площадь обзора водолаза больше соотносится с охватом наблюдений с поверхности, так как значительно больше площади, охваченной нашими снимками микроТНПА. Добиться полного совпадения точек обзора водолаза и микроТНПА можно в идеальных условиях эксперимента, если водолаз будет держать подводный робот руками на уровне своих глаз. Однако это невозможно при проведении реальной ресурсной съемки, когда водолаз вынужден маневрировать в условиях волнения и течений. Кроме того, в этом нет необходимости, поскольку само условие повторяемости результатов неизбежно подразумевает выполнение работы «в следующий раз». К тому же на практике неизбежна и разница съемок в районе исследования в разные годы они проводились с июля по сентябрь, что не отменяло необходимости сравнения оценок запасов и не делало их невозможными. Учитывая плохую согласованность с прочими данными и тот факт, что съемки протяженных побережий обычно выполняют водолазы, не являющиеся специалистами-гидробиологами, результаты водолазных оценок ПП следует признать наименее ценными. Документировать результаты водолазной съемки можно посредством записи видео на экшн-камеру, закрепленную на голове водолаза. Однако такая схема не обеспечивает обратной связи в реальном времени и возможности непосредственного управления съемкой с поверхности. Значительная часть каждого видеоролика с экшн-камеры неинформативна, поскольку содержит записи маневров водолаза, окружающей водной толщи и т.п. Извлечение из видеозаписи содержательной части требует дополнительной обработки ролика. Кроме того, водолазные съемки весьма трудоемки и дороги, поэтому их использование для ежегодных водорослевых съемок или промразведки на современном этапе развития инструментов гидробиологических исследований перестает быть целесообразным.

Обобщая полученный опыт, следует констатировать, что оптимальным способом выполнения ресурсных водорослевых съемок нужно считать учет при помощи микроТНПА, который обеспечивает возможность полного документирования и гео-реферирования результатов. Если документирования не требуется, то для работ на мелководьях вполне подходят независимые наблюдения с поверхности. При проведении параллельной съемки с микроТНПА водолазные оценки ПП нецелесообразны.

**Оценки запаса.** Ранее выявленный высокий уровень детерминации ( $R^2 = 0,81$ ) зависимости УБМ от ПП для сахарины японской позволяет рассчитывать УБМ по ПП на каждом участке [Дуленин, 2020] (табл. 2). Средние значения УБМ, рассчитанные через ПП, близки ( $3-4$  кг/м<sup>2</sup>). Однако средняя УБМ по данным водолазных сборов много выше —  $17$  кг/м<sup>2</sup>, что в  $5,7$  раза больше, чем УБМ, рассчитанная через ПП по водолажным же данным. Максимальная УБМ по водолажным сборам

Таблица 2  
Расчет УБМ (кг/м<sup>2</sup>) и величин запаса (т) сахарины японской на обследованных участках, выполненный разными способами

Таблица 2  
Calculation of relative biomass (kg/m<sup>2</sup>) and stocks (t) for *Saccharina japonica* in the surveyed areas, performed by different methods

№ участка	Наблюдения с ТНПА, по ПП		Наблюдения с поверхности, по ПП		Наблюдения водолазные, по ПП		Водолазные сборы	
	УБМ	Запас	УБМ	Запас	УБМ	Запас	УБМ	Запас
1	10	<b>2697</b>	10	<b>2860</b>	8	<b>2208</b>	<b>22</b>	<b>6188</b>
2	2	577	0	0	3	903	<b>5</b>	<b>1512</b>
3	3	903	8	<b>2045</b>	9	<b>2534</b>	<b>42</b>	<b>11760</b>
4	7	<b>1882</b>	10	<b>2860</b>	7	<b>1882</b>	Н.д	Н.д
5	1	88	1	251	1	251	<b>7</b>	<b>2016</b>
6	0	0	4	1066	0	0	0	0
7	0	0	9	<b>2371</b>	3	903	Н.д	Н.д
8	1	251	6	<b>1555</b>	2	577	Н.д	Н.д
9	3	903	1	251	2	577	Н.д	Н.д
10	8	<b>2208</b>	1	88	1	251	<b>24</b>	<b>6720</b>
11	1	88	4	1066	6	<b>1555</b>	Н.д	Н.д
<b>Среднее</b>	<b>3,0 ± 1,1</b>	<b>872 ± 266</b>	<b>4,0 ± 1,1</b>	<b>1310 ± 302</b>	<b>3,0 ± 0,9</b>	<b>1058 ± 236</b>	<b>17,0 ± 5,4</b>	<b>4699 ± 1509</b>

Примечание. Полужирным выделены участки с промысловыми запасами.

достигает 42 кг/м<sup>2</sup> — в 4,2 раза выше максимальных расчетных показателей, полученных через ПП.

Очевидно, что УБМ, полученные водолазами, завышены из-за специфики водолазных сборов, как указывалось и ранее [Дуленин, 2017]. Поясним это примером. Водолаз-небиолог срезал на участке № 2 со стандартной пробной площадки в 0,25 м<sup>2</sup> куртину массой 10,5 кг, из которой путем стандартного пересчета на 1 м<sup>2</sup>, т.е. умножив массу пробы на 4 (см. «Материалы и методы»), получили УБМ 42 кг/м<sup>2</sup>. Между тем распределение сахарины японской в куртинных поселениях неравномерно: слоевица сосредоточены в куртинах и почти полностью отсутствуют между ними. Реальная плотность куртин даже в максимально густых зарослях составляет не более 0,5–1,0 на квадратном метре. Поэтому на каждой станции необходимо указывать собственный коэффициент пересчета массы пробы в УБМ в зависимости от плотности расположения куртин. Для оценки плотности лучше всего использовать наблюдения с ТНПА. Исходя из ПП, указанного водолазом, реальная УБМ на участке № 2 могла быть не более 6 кг/м<sup>2</sup> [Дуленин, 2020]. Из-за показанных особенностей распределения растительности самостоятельные независимые водолазные сборы, выполняемые во время ресурсных съемок без «контроля сверху», учета характера и плотности распределения сахарины японской, неизбежно будут приводить к значительному завышению показателей ее обилия.

Вычислив УБМ по ПП, оцененному разными способами, и воспользовавшись показателями УБМ, полученными в результате водолазных сборов, рассчитаем запас сахарины японской на каждом обследованном участке (табл. 2).

Малые объемы выборок не позволяют выявить между ними статистически значимые различия. Тем не менее уровень различий минимален при сравнении запасов, рассчитанных разными способами через ПП ( $p = 0,37–0,74$ ), и максимален при их сравнении с запасами, рассчитанными по водолажным сборам ( $p = 0,11–0,20$ ). Средние величины запаса на участках, рассчитанные разными способами через ПП, довольно близки и различаются не более чем в 1,5 раза (872–1310 т). В то же время средний запас по участку, рассчитанный по водолажным сборам, превышает эти значения в 3,6–5,4 раза. Также стоит отметить, что даже сравнение расчета запаса, выполненного по водо-

лазным оценкам ПП и по водолазным же сборам с определением УБМ, дает разницу в средней оценке запаса на участке в 4,4 раза (соответственно 1058 против 4699 т).

Наименьший средний объем запаса по участку, рассчитанный по данным с микроТНПА (872 т), статистически случаен. Тем не менее, вероятно, он обусловлен методикой экосистемной съемки, предусматривавшей для получения более детальной картинке расположение камеры ТНПА на минимальной высоте над поясом растительности, с соответствующим уменьшением площади обзора. Очевидно, съемки с большей высоты и с максимальной площадью обзора нивелируют разницу в оценках с поверхности и с микроТНПА.

На пяти участках (№ 4, 7, 8, 9, 11) из 11 водолаз оценил ПП сахарины японской (рис. 3), однако в составе количественных проб, поднятых на поверхность для определения УБМ, этот вид полностью отсутствовал. Рассогласованность визуальных оценок, выполненных водолазом, и его сборов наблюдается весьма часто [Дуленин, 2017] и обусловлена методикой водолазной съемки: водолаз, спустившись на дно, берет пробу с учетной площади, после чего осматривается, оценивая ПП. На осмотренном им участке в несколько десятков квадратных метров ПП учитываемого вида может быть ненулевым и даже достигать значительных величин, тогда как на учетной площади в четверть квадратного метра (т.е. на 2 порядка меньше) этого вида может не оказаться совсем. Адекватное же увеличение учетной площади до 5–10 м<sup>2</sup> или количества повторностей [Фадеев, Лукин, 1982; Блинова и др., 2005] во время ресурсной съемки невозможно, поскольку трудозатраты на отбор проб возрастут на порядок. Поэтому, чтобы избежать искажений, водолазные сборы следует проводить под контролем научного сотрудника с поверхности, выполняя их в точках, указанных посредством микроТНПА.

Рассмотрим итоговые оценки промыслового запаса по обследованному району. Оценки общего запаса, рассчитанного через ПП довольно близки (табл. 3) и различаются не более чем в 1,5 раза. Однако оценки запаса по УБМ из водолазных сборов выше остальных в 2–3 раза. Оценки промысловой части запаса, выполненные через ПП, различаются в 1,2–1,7 раза. Что касается промысловой части запаса, вычисленной через УБМ, она превышает их в 2,4–4,1 раза, т.е. весьма значительно. Показанное выше завышение УБМ по водолазным сборам закономерно ведет и к завышенным оценкам общего и промыслового запаса.

Таблица 3

Итоговые оценки запаса по району исследований, выполненные разными способами

Таблица 3

Final estimates of the stock for all surveyed areas made by different methods

Показатель	Способ оценки запаса			
	Через ПП по фото ТНПА	Через ПП по наблюдениям с поверхности	Через ПП по наблюдениям водолаза	По УБМ из водолазных сборов
Общий запас, тыс. т	9,6	14,4	11,6	28,2
Пром. запас, тыс. т	6,8	11,7	8,2	28,2
Доля промыслового запаса, %	71	81	71	100
УПЗ, т/км	160	270	190	640
Промысловый запас/300 км*, тыс. т	48	81	57	192

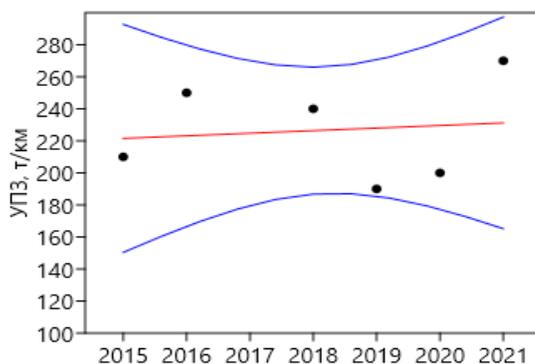
\* Протяженность района распространения сахарины японской в северо-западной части Татарского пролива (в границах Хабаровского края, от мыса Туманного до мыса Сюркум).

Доли промысловой части запаса по визуальным оценкам были весьма близки (71–81 %), а по водолазным сборам все 100 % проб с присутствием сахарины японской были собраны на промысловых поселениях. Различия в оценках и доле промыслового запаса показывают, что визуальные наблюдения позволяют более детально их выявить между разными участками растительного покрова.

УПЗ сахарины японской в 2021 г. был равен 270 т/км (табл. 3). Это наибольший показатель за все годы визуальных наблюдений. В 2015–2020 гг. он составлял 190–250 т/км. Значения УПЗ, различаясь год от года (рис. 4), на рассмотренном временном отрезке не показывают статистически значимых трендов ( $\alpha = 1,6 \pm 6,7$ ,  $r^2 = 0,01$ ,  $p = 0,8$ ). Отсутствие таких трендов в оценках УПЗ на временном промежутке с 2015 по 2021 г. свидетельствует как о стабильности результатов наблюдений, так и о стабильном состоянии промысловых поселений сахарины японской в обсуждаемом районе. Значения УПЗ, полученные в результате наблюдений из-под воды, несколько ниже (160–190 т/км), а по данным водолазных сборов — в 2,4 раза выше, чем по наблюдениям с поверхности.

Рис. 4. Межгодовые различия УПЗ сахарины японской в северо-западной части Татарского пролива. Красным показана линия регрессии; синим — ее 95 %-ные доверительные границы

Fig. 4. Interannual differences in the relative commercial stock of *Saccharina japonica* in the northwestern Tatar Strait. Regression line is red and the limits of 95% confidence are blue



Поскольку работа, выполненная в 2021 г., была первым опытом оценки промысловых запасов макрофитов вдоль протяженных морских побережий с использованием микроТНПА, ясно, что методика проведения таких съемок нуждается в уточнении и совершенствовании. Поэтому в ближайшие годы перспективен параллельный сбор данных с маломерных судов с использованием микроТНПА и независимых визуальных наблюдений с поверхности. Это позволит отработать оптимальные режимы проведения съемок подводными роботами и получить коэффициенты пересчета показателей обилия, полученных разными способами.

## Выводы

Результаты водолажных сборов сахарины японской, выполненных по стандартизированным единообразным методикам ресурсных съемок, содержат значительные количественные и качественные искажения и приводят к кратному завышению показателей обилия и оценок промыслового запаса. Для устранения артефактов учета такие сборы должны проводиться при обязательном контроле с поверхности со стороны научного сотрудника. Контроль водолажных сборов с необходимой обратной связью следует осуществлять при помощи современных микроТНПА.

Наиболее простой и дешевый метод оценки промысловых запасов сахарины японской, расположенных на мелководьях до глубины 6 м, — параллельные независимые визуальные наблюдения с поверхности с последующим пересчетом ПП в УБМ. Его основным недостатком является невозможность адекватного документирования результатов съемки.

Оптимальный метод учета запасов сахарины японской — параллельные независимые визуальные оценки ПП по сериям изображений, полученных с микроТНПА. Они методически просты, мало чувствительны к внешним условиям съемки, могут выполняться на любых глубинах произрастания макрофитов и обеспечивают полное документирование полученных результатов. В ближайшие годы целесообразно совершенствование техники выполнения таких съемок.

### **Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)**

Авторы благодарят водолазов БИФ ВНИРО И.А. Овчинникова и А.В. Романенко за выполнение сборов и наблюдений под водой и сотрудников ХабаровскНИРО М.В. Дергачева и И.В. Занькова за наблюдения с поверхности.

The authors are thankful to VNIRO divers I.A. Ovchinnikov and A.V. Romanenko for samples collection and underwater observations and to M.V. Dergachev and I.V. Zankov (KhabarovskNIRO) for their observations from the sea surface.

### **Финансирование работы (FUNDING)**

Работа выполнена по госзаданию в соответствии с календарным планом ХабаровскНИРО на 2021 г.

This study was carried out according to the state assignment in accordance with the calendar plan of KhabarovskNIRO for 2021.

### **Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)**

Все приемлемые национальные, институциональные и международные этические принципы соблюдены.

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

All acceptable national, institutional and international ethical principles are observed.

The authors declare that they have no conflict of interest.

### **Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)**

А.А. Дуленин — сбор материалов, независимое визуальное определение ПП в камеральных условиях, написание статьи.

А.В. Харитонов — сбор материалов, независимое визуальное определение ПП в камеральных условиях.

В.В. Свиридов — сбор материалов, ГИС-обработка данных.

A.A. Dulenin — collection of materials, visual assessment of projective cover in laboratory, text writing.

A.V. Kharitonov — collection of materials, visual assessment of projective cover in laboratory

V.V. Sviridov — collection of materials, GIS data processing.

### **Список литературы**

**Блинова Е.И.** Водоросли-макрофиты и травы дальневосточных морей России (флора, распространение, биология, запасы, марикультура) : моногр. — М. : ВНИРО, 2014. — 240 с.

**Блинова Е.И., Вилкова О.Ю., Милютин Д.М. и др.** Методические рекомендации по учету запасов промысловых гидробионтов в прибрежной зоне. — М. : ВНИРО, 2005. — 80 с.

**Гайл Г.И.** Ламинариевые водоросли дальневосточных морей // Вестн. ДВФАН СССР. — 1936а. — № 19. — С. 31–65.

**Гайл Г.И.** Морская капуста. — Владивосток : ТИНРО, 1936б. — 35 с.

**Гайл Г.И.** Очерк водорослевого пояса приморского побережья в связи с некоторыми общими вопросами его использования: (отчет по поездкам вдоль Приморского побережья в 1928 и 1929 гг.) : Изв. ТИРХ. — 1930. — Т. 4, вып. 2. — 48 с.

**Дуленин А.А.** Некоторые методические проблемы водолазных гидробиологических учетных съемок и пути их разрешения // Изв. ТИНРО. — 2017. — Т. 190. — С. 231–244. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-190-231-244.

**Дуленин А.А.** Оценка промысловых ресурсов и возможностей эксплуатации водорослевого пояса у материкового побережья Охотского моря в пределах Хабаровского края // Вестн. КамчатГТУ. — 2016. — № 37. — С. 39–49.

**Дуленин А.А.** Промысловые макрофиты западной части Татарского пролива (по результатам исследований 1999 г.) // Методические аспекты рыбохозяйственных исследований на Дальнем Востоке. — Хабаровск : Хабар. кн. изд-во, 2003. — С. 174–185.

Дуленин А.А. Распределение видов-доминантов макрофитов по глубине в северо-западной части Татарского пролива // Биол. моря. — 2019. — Т. 45, № 2. — С. 97–107. DOI: 10.1134/S0134347519020037.

Дуленин А.А. Результаты параллельных независимых визуальных оценок проективного покрытия дна при проведении учетной водорослевой съемки // Изв. ТИНРО. — 2020. — Т. 200, вып. 3. — С. 747–766. DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-747-766.

Дуленин А.А. Ресурсы и распределение промысловых макрофитов западной части Татарского пролива (в пределах Хабаровского края) // Изв. ТИНРО. — 2012. — Т. 170. — С. 17–29.

Дуленин А.А., Свиридов В.В., Харитонов А.В. Методические особенности фото- и видеосъемки с помощью подводных роботов в прибрежных исследованиях у морских побережий большой протяженности // Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление : докл. 2-й Всерос. науч. конф., посвящ. 90-летию КамчатНИРО (в печати).

Зинова Е.С. Водоросли Японского моря. Красные водоросли (Rhodophyceae) : Тр. Тихоокеанского комитета. — 1940. — Т. 5. — 164 с.

Зинова Е.С. Морская капуста (*Laminaria*) и другие водоросли, имеющие промысловое значение // Изв. ТОНС. — 1928. — Т. 1, вып. 1. — С. 7–42.

Кулепанов В.Н., Жильцова Л.В. Динамика ресурсов *Phyllospadix iwatensis* Makino на побережье Японского моря (Приморье) // Раст. ресурсы. — 2004. — Т. 40, № 3. — С. 29–35.

Паймеева Л.Г. Влияние внутривидовой конкуренции и фитофагии на выживаемость и состояние популяций *Laminaria japonica* Aresch. f. *longipes* (Miyabe et Tokida) Ju. Petr. в северном Приморье // Рыбохоз. исслед. океана : мат-лы юбил. науч. конф. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 1996. — Ч. 2. — С. 158–159.

Паймеева Л.Г., Гусарова И.С. Состояние зарослей *Laminaria japonica* Aresch. f. *longipes* (Miyabe et Tokida) Ju. Petr. в северном Приморье // Комаровские чтения. — 1993. — Вып. 38. — С. 20–36.

Ресурсы и рациональное использование морских водорослей и трав дальневосточных морей России : моногр / под общ. ред. В.Н. Акулина. — Владивосток: ТИНРО, 2020. — 268 с.

Суховеева М.В. Распределение водорослей вдоль берегов Приморья // Изв. ТИНРО. — 1967. — Т. 61. — С. 255–260.

Суховеева М.В. Состояние запасов, распределение ламинарии и некоторых других водорослей у берегов Приморья. — Владивосток : Дальневост. кн. изд-во, 1969. — 25 с.

Суховеева М.В., Подкорытгова А.В. Промысловые водоросли и травы морей Дальнего Востока: биология, распространение, запасы, технология переработки : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2006. — 243 с.

Фадеев В.И., Лукин В.И. К методике подводных гидробиологических исследований верхней сублиторали в условиях подвижных морских экспедиций // Подводные гидробиологические исследования. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1982. — С. 21–34.

Шмаков В.М., Шулипенко Т.Ф. Определение величины проективного покрытия в зарослях воздушно-водных растений // Гидробиол. журн. — 1981. — Т. 17, № 2. — С. 103–105.

Jakubauskas M., Kindscher K., Fraser A. et al. Close-range remote sensing of aquatic macrophyte vegetation cover // Int. J. Remote Sensing. — 2000. — Vol. 21, № 18. — P. 3533–3538.

Liang Q., Zhang Yu., Ma R. et al. A MODIS-Based Novel Method to Distinguish Surface Cyanobacterial Scums and Aquatic Macrophytes in Lake Taihu // Remote Sens. — 2017. — Vol. 9, Iss. 2. DOI: 10.3390/rs9020133.

Minicheva G., Afanasyev D., Kurakin A. Black Sea Monitoring Guidelines: Macrophytobenthos. — Istanbul : Secretariat of commission on protection of the Black Sea against pollution, 2014. — 76 p.

Nababan B., Mastu L.O.K., Idris N.H., Panjaitan J.P. Shallow-Water Benthic Habitat Mapping Using Drone with Object Based Image Analyses // Remote Sens. — 2021. — Vol. 13, № 21. — P. 44–52. DOI: 10.3390/rs13214452.

Uhl F., Bartsch I., Oppelt N. Submerged kelp detection with hyperspectral data // Remote Sens. — 2016. — № 8(487). — P. 2–20.

Urbanski J.A., Mazur A., Janas U. Object-oriented classification of Quick Bird data for mapping seagrass spatial structure : Ecosystem approach to marine spatial planning. — Polish marine areas and the Natura 2000 network. 3.1.1.9 Task report. Comparative analysis of methods applied to acquire data necessary for identifying habitats. — 2009. — 15 p.

## References

Blinova, E.I., *Vodorosli-makrofity i travy dal'nevostochnykh morey Rossii (flora, rasprostraneniye, biologiya, zapasy, marikul'tura)* (Algae-macrophytes and herbs of the Far Eastern seas of Russia (flora, distribution, biology, reserves, mariculture)), Moscow: VNIRO, 2014.

**Blinova, E.I., Vilkova, O.Yu., Milyutin, D.M., Pronina, O.A., and Shtrik, V.A.,** *Metodicheskie rekomendatsii po uchetu zapasov promyslovykh gidrobiontov v pribrezhnoi zone* (Methodological Recommendations for the Inventory of Stocks of Commercial Aquatic Species in the Coastal Zone), Moscow: VNIRO, 2005.

**Gayl, G.I.,** Laminaria algae of the Far Eastern seas, *Bulletin of the Far Eastern Branch of the Academy of sciences of the USSR*, 1936, no. 19, pp. 31–35.

**Gayl, G.I.,** *Morskaya kapusta* (Sea kale), Vladivostok: TINRO, 1936.

**Gayl, G.I.,** Eine uebersicht des tanguuertels des kuestengebietes im zusammenhang mit einigen allgemeinen fragen seiner ausbeutung (A report on the journeys along the Primorsky Krai coast in 1928 and 1929), *Izv. Tikhookean. Inst. Rybn. Khoz.*, 1930, vol. 4, no. 2.

**Dulenin, A.A.,** Some methodical problems of SCUBA hydrobiological accounting surveys and the ways of their resolution, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2017, vol. 190, pp. 231–244. doi 10.26428/1606-9919-2017-190-231-244

**Dulenin, A.A.,** Evaluation of resources and use opportunities for algal belt of the sea of okhotsk continental coast within Khabarovsk Krai, *Vestn. Kamchatskogo Gos. Tekh. Univ.*, 2016, no. 37, pp. 39–49.

**Dulenin, A.A.,** Commercial macrophytes of the western part of the Tatar Strait (according to the results of research in 1999), in *Metodicheskiye aspekty rybokhozyaystvennykh issledovaniy na Dal'nem Vostoke* (Methodological aspects of fisheries research in the Far East), Khabarovsk: Khabar. Knizhnoye Izd., 2003, pp. 174–185.

**Dulenin, A.A.,** Depth Distribution of Dominant Species of Macrophytes in the Northwestern Part of the Tatar Strait, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2019, vol. 45, no. 2, pp. 97–107. doi 10.1134/S0134347519020037

**Dulenin, A.A.,** Results of parallel independent visual evaluation of projective cover of the bottom during macrophyte assesment survey, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2020, vol. 200, no. 3, pp. 747–766. doi 10.26428/1606-9919-2020-200-747-766

**Dulenin, A.A.,** Resources and distribution of commercial macrophytes in the Western Tartar strait (Khabarovsk territory), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2012, vol. 170, pp. 17–29.

**Dulenin, A.A., Sviridov, V.V., and Kharitonov, A.V.,** Methodological features of photo and video filming using underwater robots engaged in research in long-distance coastal areas, *Dokl. 2-y Vseross. nauch. konf., posvyashch. 90-letiyu KamchatNIRO "Vodnye biologicheskie resursy Rossii: sostoyanie, monitoring, upravlenie"* (Proc. 2<sup>nd</sup> All-Russ. Sci. Conf., Commem. 90<sup>th</sup> anniversary of KamchatNIRO) (in press).

**Zinova, E.S.,** Algae of the Sea of Japan. Red algae (Rhodophyceae), *Tr. Tikhook. Kom.*, 1940, vol. 5.

**Zinova, E.S.,** Seaweed (Laminaria) and other algae of commercial importance, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Promysl. Stn.*, 1928, vol. 1, no. 1, pp. 7–42.

**Kulepanov, V.N. and Zhiltsova, L.V.,** Dynamics of resources of *Phyllospadix iwatensis* Makino at the coast of the Sea of Japan (Primorje), *Rastitel'nyye resursy*, 2004, vol. 40, no. 3, pp. 29–35.

**Paimееva, L.G.,** Influence of intraspecific competition and phytophagy on the survival and state of populations of *Laminaria japonica* Aresch. f. *longipes* (Miyabe et Tokida) Ju Petr. in northern Primorye, in *Mater. yubileynoy nauch. konf. "Rybokhoz. issled. okeana"* (Proc. anniversary Sci. Conf. "Fishery research of the ocean"), Vladivostok: Dal'rybvuz, 2002, pp. 158–159.

**Paimееva, L.G. and Gusarova, I.S.,** The status of beds of *Laminaria japonica* Aresch. f. *longipes* (Miyabe et Tokida) Ju. Petr. in northern Primorsky Krai, *Komarovskiye Chteniya*, 1993, vol. 38, pp. 20–36.

*Resursy i ratsional'noye ispol'zovaniye morskikh vodorosley i trav dal'nevostochnykh morey Rossii* (Resources and rational use of seaweeds and grasses of the Far Eastern seas of Russia), Akulin, V.N., ed., Vladivostok: TINRO, 2020.

**Sukhoveeva, M.V.,** Distribution of algae along the coast of Primorye, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1967, vol. 61, pp. 255–260.

**Sukhoveeva, M.V.,** *Sostoyaniye zapasov, laminarii i nekotorykh drugikh vodorosley u beregov Primor'ya* (The state of stocks, kelp and some other algae off the coast of Primorye), Vladivostok: Dal'nevost. Knizhnoye Izd., 1969.

**Sukhoveyeva, M.V. and Podkorytova, A.V.,** *Promyslovyye vodorosli i travy morey Dal'nego Vostoka: biologiya, rasprostraneniye, zapasy, tekhnologiya pererabotki* (Commercial algae and grasses of the seas of the Far East: biology, distribution, stocks, processing technology), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2006.

**Fadeev, V.I. and Lukin, V.I.,** On the technique of underwater hydrobiological studies in the upper sublittoral zone in the conditions of mobile marine expeditions, in *Podvodnyye gidrobiologiches-*

*kiye issledovaniya* (Underwater Hydrobiological Research), Vladivostok: Dal'nevost. Nauchn. Tsentr, Akad. Nauk SSSR, 1982, pp. 21–34.

**Shmakov, V.M. and Shulipenko, T.F.**, Determination of the size of the projective cover in thickets of air-aquatic plants, *Gidrobiol. Zh.*, 1981, vol. 17, no. 2, pp. 103–105.

**Jakubauskas, M., Kindscher, K., Fraser, A., Debinski, D., and Price, K.P.**, Close-range remote sensing of aquatic macrophyte vegetation cover, *Int. J. Remote Sensing*, 2000, vol. 21, no. 18, pp. 3533–3538.

**Liang, Q., Zhang, Yu., Ma, R., Loiselle, S., Li, J., and Hu, M.**, A MODIS-Based Novel Method to Distinguish Surface Cyanobacterial Scums and Aquatic Macrophytes in Lake Taihu, *Remote Sens*, 2017, vol. 9, no. 2. doi 10.3390/rs9020133

**Minicheva, G., Afanasyev, D., and Kurakin, A.**, *Black Sea Monitoring Guidelines: Macrophyte-benthos*, Istanbul: Secretariat of commission on protection of the Black Sea against pollution, 2014.

**Nababan, B., Mastu, L.O.K., Idris, N.H., and Panjaitan, J.P.**, Shallow-Water Benthic Habitat Mapping Using Drone with Object Based Image Analyses, *Remote Sens*, 2021, vol. 13, no. 21, pp. 44–52. doi 10.3390/rs13214452

**Uhl, F., Bartsch, I., and Oppelt, N.**, Submerged kelp detection with hyperspectral data, *Remote Sens.*, 2016, no. 8(487), pp. 2–20.

**Urbanski, J.A., Mazur, A., and Janas, U.**, Object-oriented classification of Quick Bird data for mapping seagrass spatial structure: Ecosystem approach to marine spatial planning, Polish marine areas and the Natura 2000 network. 3.1.1.9 Task report. Comparative analysis of methods applied to acquire data necessary for identifying habitats, 2009.

*Поступила в редакцию 18.03.2022 г.*

*После доработки 13.04.2022 г.*

*Принята к публикации 20.05.2022 г.*

*The article was submitted 18.03.2022; approved after reviewing 13.04.2022;  
accepted for publication 20.05.2022*