

ХабаровскНИРО 75 лет

УДК 582.26(265.546)

А.А. Дуленин\*

Хабаровский филиал ВНИРО (ХабаровскНИРО),  
680038, г. Хабаровск, Амурский бульвар, 13а**РЕЗУЛЬТАТЫ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ НЕЗАВИСИМЫХ  
ВИЗУАЛЬНЫХ ОЦЕНОК ПРОЕКТИВНОГО ПОКРЫТИЯ ДНА  
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ УЧЕТНОЙ ВОДОРΟΣЛЕВОЙ СЪЕМКИ**

На материалах учетной съемки в северо-западной части Татарского пролива изучен вопрос обеспечения верифицируемости и фальсифицируемости визуальных субъективных оценок общего проективного покрытия (ОПП) дна растительностью и отдельно — сахаринной японской. Оценки двух наблюдателей были хорошо согласованы: коэффициент конкордации оценок общего проективного покрытия составил 0,73, а проективного покрытия (ПП) сахаринной японской — 0,78 при  $p < 0,0001$ . Доли оценок с высокой степенью согласованности составили 81 % для ОПП и 82 % для ПП. Параметры линейной регрессии широтного изменения обилия водорослей по данным наблюдателей близки. Так, угловой коэффициент линии регрессии  $\alpha$  для ОПП составил  $-0,13 \pm 0,07$  и  $-0,10 \pm 0,07$ , а ПП сахаринной японской  $-0,25 \pm 0,07$  и  $-0,23 \pm 0,06$ . Статистически значимой разницы в расчетах промыслового запаса на отдельных участках по данным двух наблюдателей не выявлено ( $p = 0,46-0,80$  в зависимости от использованного критерия). Оценки промыслового запаса (26 и 24 тыс. т) близки. Метод параллельных независимых оценок проективного покрытия обеспечивает получение проверяемых и опровергаемых данных, пригоден для выявления закономерностей пространственного распределения донной растительности и оценки состояния ее промысловых ресурсов.

**Ключевые слова:** Татарский пролив, подводная растительность, проективное покрытие, *Saccharina japonica*, визуальные наблюдения, верифицируемость.

DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-747-766.

**Dulenin A.A.** Results of parallel independent visual evaluation of projective cover of the bottom during macrophyte assesment survey // *Izv. TINRO.* — 2020. — Vol. 200, Iss. 3. — P. 747–766.

A simple and cost-effective method for macrophyte stock assessment as visual survey, was tested. It demonstrated good efficiency for counting of *Saccharina japonica*. The method is based on visual evaluation of SAV projective cover. Such subjective data should be verified. For this purpose, the projective cover along the Tatar Strait coast was estimated independently by two observers. In total, 125 km of the coastline was surveyed with 322 parallel visual estimations at 81 stations. The estimations of both observers agreed well: the concordance coefficient was 0.73 for the total projective cover and 0.78 for the projective cover of *S. japonica*, at  $p < 0.0001$ . About 81 % of the total projective cover and 82 % of *S. japonica* projective cover were counted with high coherency, whereas poor coherency was noted for  $< 3$  % of both parameters. Average difference between estimations of two observers was  $0.083 \pm 0.012$  for the total projective cover and  $0.090 \pm 0.012$  for *S. japonica* projective cover. However, comparison of the visual estima-

\* Дуленин Александр Алексеевич, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: [dulenin@mail.ru](mailto:dulenin@mail.ru).

Dulenin Alexander A., Ph.D., leading researcher, Khabarovsk branch of VNIRO (KhabarovskNIRO), 13a, Amursky Boulevard, Khabarovsk, 680038, Russia, e-mail: [dulenin@mail.ru](mailto:dulenin@mail.ru).

tions from the sea surface with the SCUBA estimations made near the bottom showed that surface observations resulted in some underestimation of the total projective cover, though the difference was statistically insignificant ( $p = 0.68$ ). The near-bottom SCUBA survey provides better assessment for small and cortical algae (Ralfsiales and partially Corallinales). Commercial stock of *S. japonica* was calculated using previously reported relationship between biomass and projective cover ( $r^2 = 0.81$ ). The stock estimations for certain areas on the data of two observers had no statistically significant differences ( $p = 0.46$ – $0.80$ , depending on the criteria used), the total stock estimations were also very close (34 and 36 thousand tons for total stock and 26 and 24 thousand tons for its commercial part). The visual observations are useful for revealing general features of the vegetation spatial distribution. Linear regressions parameters of the algae abundance on latitude for the data of both observers were similar. They had the angular coefficients  $-0.13 \pm 0.07$  and  $-0.10 \pm 0.07$  for the total projective cover and  $-0.25 \pm 0.07$  and  $-0.23 \pm 0.06$  for *S. japonica* projective cover. In the southern part of survey, the average total projective cover was  $0.59 \pm 0.04$ , while it was slightly lower in the northern part:  $0.53 \pm 0.04$ ; the same estimations for the projective cover of *S. japonica* differed more considerable:  $0.49 \pm 0.04$  and  $0.24 \pm 0.03$ , respectively. There is concluded that the visual surveys of macrophytes are economically effective and allow to reduce labor efforts significantly, comparing with traditional SCUBA surveys (working time in 101 times, costs in 103 times). The video recording ensures the data verification by outside experts, as in the cases when observers cannot identify some species. However, capability of this method is limited by high water turbidity and other cases of worsened visibility. For successful implementation of visual surveys, its algorithm for various environmental conditions is developed and supplemented with necessary instructions.

**Key words:** Tatar Strait, macrophyte, projective cover, *Saccharina japonica*, visual observation, verification.

## Введение

За последние три десятилетия в западной части Татарского пролива выполнено только две полноценные водолазные учетные съемки, позволившие оценить ресурсы макрофитов у побережий Хабаровского края. Между тем сведения, необходимые для оценки промысловых ресурсов и прогнозирования запасов макрофитов, требуется получать регулярно. Прежде всего это касается главного промыслового вида водорослей этой части Японского моря — сахарины японской (*Saccharina japonica*). В связи с этим необходим поиск простых и дешевых способов, позволяющих оценить состояние ресурсов макрофитов в отсутствие традиционных водолазных съемок.

Ранее уже была обоснована возможность использования визуальных оценок проективного покрытия (ПП) дна макрофитами, в частности сахариной японской, для оценки их промыслового запаса [Дуленин, 2016]. Однако не были решены главные вопросы, которые возникают при использовании такого рода субъективных оценок: можно ли их проверить? Получит ли другой исследователь с собственным субъективным восприятием сопоставимые результаты? Между тем, по Popper [2002], критериями, позволяющими считать исследование в собственном смысле научным, являются верифицируемость и фальсифицируемость, т.е. проверяемость и опровергаемость его результатов. Это тем более актуально, что на недостатки субъективных визуальных методов оценки обилия донной растительности неоднократно указывалось. Так, приводились данные о том, что глазомерные оценки ПП могут давать существенные ошибки [Шмаков, Шулипенко, 1981; Кулепанов, Жильцова, 2004]. Зарубежные специалисты считают, что субъективные визуальные оценки обилия пригодны только для первоначальных рекогносцировочных обследований зарослей [Madsen, Wersal, 2017], могут использоваться для полуколичественных оценок, основанных на определении наличия либо отсутствия видов [Carpenter et al., 2012], либо вообще полагают, что визуальные оценки основаны на личном мнении, которое «не может быть твердым основанием для принятия управленческих решений» [Madsen, Bloomfield, 1993].

Тем не менее качественные и количественные субъективные оценки широко используются для описаний растительного покрова [Миркин, Наумова, 2009], в том

числе морской донной растительности [Sales, 2010; Афанасьев, Абдуллин, 2014], хотя их методологические основания и подвергаются критике [Гиляров, 2005]. Очевидно, сомнения в применимости таких оценок могли быть сняты, если бы они предусматривали возможность проверки полученных результатов статистическими методами. Действительно, в настоящее время разработаны методы статистического анализа субъективных данных, а основанные на них экспертные оценки широко применяют в различных областях современной науки и практики: психологии, социологии, экономике и т.п. [Сидоренко, 2003; Резник, 2008]. Основной способ обеспечения верифицируемости экспертных данных в таких исследованиях — выполнение независимых оценок одного ряда явлений несколькими экспертами. Решения на основании таких оценок принимаются в случае, если оценки достаточно согласованы [Рупосов, 2015; <http://statistica.ru/local-portals/quality-control/element-5/>]. Очевидно, такой подход позволяет использовать экспертные субъективные оценки и в промыслово-биологических исследованиях. Пояс морской подводной растительности, и в частности виды, образующие промысловые ресурсы, легко доступен для наблюдений и потому весьма удобен для таких исследований. Большой коллектив экспертов при проведении учетных съемок привлечь невозможно, однако, поскольку любые полевые исследования по нормам техники безопасности проводятся силами не менее двух человек, их целесообразно задействовать в качестве экспертов-наблюдателей.

В связи с изложенным была поставлена цель определить практическую применимость субъективных визуальных оценок покрытия дна растительностью, выполнив их параллельно и независимо двумя наблюдателями.

### **Материалы и методы**

Основной объем материалов собран 29 и 30 сентября 2019 г. во время визуальной съемки по оценке запасов сахарины японской в северо-западной части Татарского пролива, проведенной с борта маломерного пластикового катера Yamaha Fish 22 длиной 6,7 м, оборудованного подвесным мотором мощностью 90 л.с. Съемка выполнена в соответствии с подходом, выработанным ранее для проведения учетных съемок в прибрежной зоне с борта маломерных судов [Дуленин, 2017а, б]. Съемкой были охвачены 2 района: южный (станции 1–38) от южных окрестностей бухты Андрея (48°31'2" с.ш.) до бухты Ситуан (48°59'2" с.ш.) и северный (станции 39–81) от мыса Датта (49°17'2" с.ш.) до мыса Бычьего (49°47'2" с.ш.). Всего на 81 станции было выполнено 322 учетных наблюдения.

Дополнительно, для сравнения, использовали данные трех визуальных и двух водолазных съемок (табл. 1), выполненных ранее, когда для оценок ПП сахарины японской использовались данные, полученные каким-либо одним наблюдателем, либо согласованные данные двух наблюдателей, сделанные хоть и совместно, но не независимо. При водолазных съемках выполняли инструментальное определение ее удельной биомассы (УБМ, кг/м<sup>2</sup>) и визуальную оценку ее ПП по ранее описанным общим методикам проведения визуальных [Дуленин, 2016] и водолазных съемок [Блинова и др., 2003; Дуленин, 2017б].

Координаты участков определяли при помощи систем спутниковой навигации, результаты съемки 2019 г. (рис. 1) визуализированы при помощи ГИС «КартМастер» [Поляков, 2008]. При ее проведении станции располагали на приблизительно равном расстоянии друг от друга (около 1,5 км).

Осмотр растительности на каждой станции в зависимости от ширины и степени однородности растительного пояса занимал 3–10 мин, переход между станциями с учетом маневров — 5–7 мин. Участки, на которых из-за неподходящих грунтов или опреснения поселения сахарины японской заведомо отсутствовали, не обследовались. Осмотры осуществляли с поверхности. Для этого на каждой станции выполняли трансекты от глубины 1,5–2,0 м до границы видимости (около 6,0 м). Для удобства

Данные использованных учетных съемок

Table 1

Data of stock assessment surveys

Год	Судно	Метод	Число станций	Глубина, м	Участок	Протяженность, км
2019	Маломерное	Визуальный	81	1–6	Южные окрестности бухты Андрея — мыс Бычий	125
2018	Маломерное	Визуальный	10	1–6	Мыс Красный Партизан — мыс Песчаный	50
2016	Маломерное	Визуальный	36	1–6	Мыс Сюркум — мыс Песчаный	170
2015	Маломерное	Визуальный	37	1–6	Мыс Сюркум — бухта Аджима	220
2010	НИС «Потанино»	Водолазный	710	2–20	Мыс Южный — мыс Туманный	600
1999	НИС «Убежденный»	Водолазный	350	2–20	Мыс Бычий — мыс Песчаный	130



Рис. 1. Районы проведения визуальной водорослевой съемки и распределение запаса сахарины японской в северо-западной части Татарского пролива в 2019 г.

Fig. 1. Scheme of visual macrophyte survey in the northwestern Tatar Strait in 2019 on the background of *Saccharina japonica* distribution

осмотра трансекты располагали как перпендикулярно, так и под углом к берегу. На станциях с мозаичным сложением растительности или грунтов выполняли несколько галсов. Протяженность трансект составляла в зависимости от ширины доступного для наблюдения пояса растительности от 30 до 150 м. Средняя ширина пояса растительности района исследований на указанных глубинах — 70 м. На трансектах оценивали общее проективное покрытие дна растительностью (ОПП, доля) и ПП сахарины японской. Поскольку 70 % ее поселений в северо-западной части Татарского пролива сосредоточено в осматриваемом диапазоне глубин [Дуленин, 2019], оценивали среднее значение ОПП и ПП на этих глубинах на каждой трансекте.

Для обеспечения верифицируемости и фальсифицируемости оценок [Porper, 2002] их выполняли одновременно и независимо 2 наблюдателя с разных бортов катера. Поскольку второй наблюдатель не был альгологом, его квалификация не позволила делать оценки ПП молодых непромысловых слоевищ сахарины японской первого года вегетации. Поэтому оценивали только ПП в поселениях сахарины японской, представленных взрослыми слоевищами второго года вегетации.

Ширина зоны уверенного осмотра с каждого борта составляла около 3 м. Зоны осмотра не пересекались. Данные, полученные наблюдателями, осредняли, при этом из расчетов были исключены станции, где видимость отсутствовала из-за высокой мутности воды или где хотя бы одному из наблюдателей не удалось получить оценку ПП.

С учетом того, что визуальные субъективные оценки ПП грубы, их округляли до 0,1, а покрытия величиной менее 0,05 не учитывали. При разности оценок наблюдателей, равной 0 или 0,1, они учитывались как высоко согласованные, 0,2 или 0,3 — умеренно согласованные, 0,4–0,5 — плохо согласованные. При разности оценок более 0,5 их было принято считать несогласованными и отбраковывать, исключив из дальнейшего анализа.

Статистическая обработка данных выполнена в свободно распространяемой программе PAST 3.25\*. Для оценки согласованности показаний наблюдателей вычисляли коэффициент конкордации Кендалла, применяющийся для сравнения экспертных данных. Для оценки различий в показаниях наблюдателей построены частотные диаграммы разностей оценок покрытия. Сравнение данных выполнено при помощи параметрических (Стьюдента и Фишера) и непараметрических (Колмогорова-Смирнова и Эпса-Синклона) критериев. Градиентные изменения обилия растительности выявлены средствами регрессионного анализа. Угловые коэффициенты линий регрессии  $\alpha$  вычислены для зависимости покрытия от широты. Чтобы избежать некорректной экстраполяции коэффициентов пересечения  $\beta$  за пределы обследованных побережий, при их вычислении ранжированные значения широты были заменены сквозными номерами от 1 до 81. Таким образом были получены коэффициенты, соответствующие реальному положению линий регрессии на графиках. Для выявления связи изменений ОПП и ПП использован анализ сопряженности. Статистическую значимость сопряженности оценивали при помощи критерия  $\chi^2$ .

Для сравнения результатов разных способов наблюдений были сопоставлены результаты оценок ОПП и ПП, полученные с поверхности и водолазным способом (по данным водолазной съемки 2010 г.). Показатели удельной биомассы (УБМ) сахарины японской рассчитаны из величин ПП на каждой станции по уравнению линейной зависимости УБМ от ПП по данным водолазной съемки 2010 г. (рис. 2), где  $x = \text{ПП}$ ,  $y = \text{УБМ}$ .

Полученную величину УБМ принимали за среднюю на каждом обследованном участке. Запас сахарины японской определяли как произведение средней УБМ на площадь участка. Исходя из относительной топической однородности обследованных районов площадь каждого обследованного участка принималась равной произведению расстояния между станциями на среднюю ширину обследованной зоны, т.е.

\* Hammer Ø. PAST: Paleontological statistics. Version 3.25. Reference manual. Oslo: Natural History Museum. Univ. of Oslo, 1999–2019. 275 p.

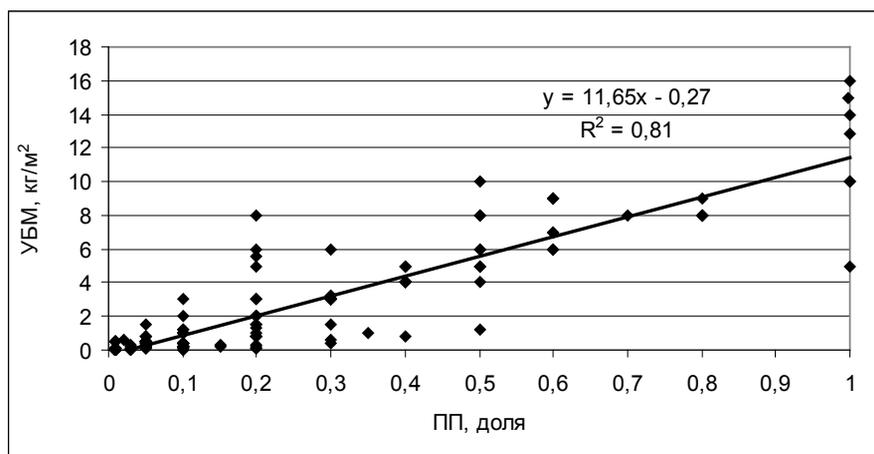


Рис. 2. Зависимость УБМ сахарины японской от ее ПП в северо-западной части Татарского пролива, данные водолазной съемки 2010 г., N = 154 [по: Дуленин, 2016, с дополнениями]

Fig. 2. Dependence of *Saccharina japonica* biomass on its projective cover in the northwestern Tatar Strait, according to data of SCUBA survey in 2010, N = 154 [from: Дуленин, 2016, with additions]

1500 м x 70 м = 105000 м<sup>2</sup>, или 10,5 га. В качестве промыслового принимали запас на участках с осредненным ПП не менее 0,5. Чтобы избежать ложной точности оценок, величины УБМ при расчетах округляли до целых килограммов на квадратном метре, величины запаса на отдельных участках — до целых сотен тонн на участке, величины общего и промыслового запаса на обследованной части побережья — до целых тысяч тонн. Поскольку съемки разных лет охватывали разные участки побережья, для получения сравнимых данных о динамике запаса использовали показатель удельного промыслового запаса (УПЗ), выраженный в тоннах на километр протяженности побережья [Дуленин, 2016].

### Результаты и их обсуждение

**Выбор районов съемки.** Промышленную переработку сахарины японской в последние десятилетия вели преимущественно в населенных пунктах, расположенных на берегу и в окрестностях районов исследования. Южный район располагается в непосредственной близости от зал. Советская Гавань с одноименным городом и окрестными поселками, северный — близ бухты Датта с одноименным селом. Благодаря расположению добывающих и перерабатывающих мощностей в указанных населенных пунктах промысел также был сосредоточен в этих районах. Здесь необходим регулярный мониторинг состояния запасов сахарины японской. Кроме того, из-за близости населенных пунктов эти районы наиболее доступны для научных исследований (в частности, с борта маломерных судов), по ним имеется наибольшее количество данных прошлых лет. Таким образом, съемкой охвачены районы, оптимальные с точки зрения добычи, переработки и проведения учетных работ.

**Особенности наблюдений.** Возможность и качество визуальных оценок покрытия дна растительностью с поверхности в полевых условиях зависят от ряда факторов — прозрачности воды, общего уровня освещенности, положения Солнца по отношению к наблюдателю, наличия бликов, состояния поверхности моря (рябь, волнение) и т.п. Прежде чем анализировать полученные данные, оценим, какова доля станций, на которых результаты не были получены из-за помех при наблюдении. На 2 станциях (2,5 %) наблюдения не были проведены из-за высокой мутности воды и отсутствия видимости, при этом одна станция была расположена близ устья реки, где видимость отсутствовала из-за высокого содержания взвеси в воде, а вторая — с наветренной стороны пологого мелководного участка, где из-за повышенного ветрового перемешивания прозрач-

ность оказалась низкой. При организации наблюдений такие участки целесообразно пропускать. Работы невозможны и непосредственно после штормов (в первые сутки), что показывали и ранее выполненные съемки. Далее, на 5 станциях (6,2 %) одному из наблюдателей из-за недостаточно острого зрения не удалось оценить ОПП, а на 3 станциях (3,7 %) — ПП. Максимальная доля отбракованных станций не превысила 8,7 %. Очевидно, что эта величина довольно мала и не может существенно повлиять на последующие расчеты. Поэтому в первом приближении качество собранного материала было признано пригодным для дальнейшего анализа. Кроме того, следует ожидать, что, получив необходимый опыт параллельных оценок, наблюдатели смогут в дальнейшем снизить показатель отбраковки. При необходимости следует пользоваться средствами диоптрийной коррекции зрения. Кроме того, применение антибликовых очков также может существенно облегчить работу в ясную солнечную погоду.

При работе следует избегать точечных наблюдений. Наиболее целесообразно выполнение трансект. При указанной в предыдущем разделе их протяженности и ширине зоны осмотра площадь, осмотренная наблюдателем на каждой станции, оценивается величиной  $\sim 0,1\text{--}0,5$  тыс. м<sup>2</sup>, в среднем  $\sim 0,2$  тыс. м<sup>2</sup>. Соответственно, 2 наблюдателя осматривают  $\sim 0,2\text{--}1,0$  тыс. м<sup>2</sup>, в среднем  $\sim 0,4$  тыс. м<sup>2</sup>. Указанные оценки приблизительны, поскольку площадь осмотра сильно зависит от условий наблюдения и индивидуальных особенностей наблюдателя. Однако ясно, что выполнение трансект позволяет осмотреть на порядок большие площади, чем при точечных наблюдениях. Площади в сотни квадратных метров приблизительно соответствуют площади выявления фитоценозов [Быков, 1978] на дне в районе исследования. Очевидно, что в этом случае наблюдатель имеет возможность описать общие черты сложения растительности осматриваемого участка или его отдельных ценологических поясов. В то же время при точечных осмотрах увеличивается вероятность ошибочных оценок состава и обилия донной растительности, поскольку характеристики случайных мозаичных элементов сложения растительности в точке наблюдений легко принять за ее общие черты.

Непосредственные наблюдения с поверхности иногда невозможны (например, при сильной ряби). В этом случае следует применять водяной фонарь-бентовизор [Блинова и др., 2003]. Однако при этом улучшение видимости оборачивается значительным уменьшением площади обзора. Поэтому, используя бентовизор, при необходимости нужно увеличивать протяженность трансект для осмотра площади не менее сотен квадратных метров. Необходимую длину трансект следует определять на месте. Еще одно неудобство использования бентовизора заключается в том, что при параллельной работе двух наблюдателей требуется третий человек для управления судном, в то время как при наблюдениях с поверхности вполне достаточно двоих, один из которых управляет судном.

Задача обеспечения проверяемости и опровергаемости данных сторонними экспертами легко решается средствами подводной видеозаписи. Поскольку площадь и качество обзора невооруженным глазом с поверхности значительно отличаются от видеозаписи — площадь много больше, а качество — значительно хуже, — напрямую сравнивать параллельные видеозаписи из-под поверхности и данные наблюдений с поверхности не следует. Сопоставление таких данных — задача отдельного исследования: вероятно, это позволит упростить съемку, давая одновременно возможность выполнения подробных описаний донной растительности. Для обеспечения прямого сравнения данных видеозаписи их следует вести параллельно наблюдениям через бентовизор. Оптимальное средство для этого — экшн-камера в водонепроницаемом корпусе, снабженная Wi-Fi модулем и дистанционным пультом управления, позволяющим в нужный момент запускать или останавливать запись. Камеру целесообразно прикрепить на штоке к корпусу судна или непосредственно к бентовизору. В этом случае видеозапись будет в целом идентична увиденному наблюдателем, с некоторой разницей из-за разных углов обзора бентовизора и экшн-камеры. Помимо экшн-камер возможно использование специализированных привязных подводных видеокамер и

подводных роботов [Sameoto et al., 2008; Sheehan et al., 2014; Дуленин, Кудревский, 2019]. Тогда при оценке покрытий по экрану монитора изображение, видимое обоими наблюдателями, будет полностью совпадать с видеозаписью. Неудобство в этом случае состоит в том, что, поскольку изображение на мониторе сильно выцветает при дневном свете, наблюдатели должны быть укрыты в кубрике или каюте. Это исключает их из процесса непосредственного управления судном, что в реальных условиях неудобно. Кроме того, для задач промысловой разведки и оценки запасов макрофитов на мелководьях визуальным способом эти устройства (особенно подводные роботы) могут быть громоздки, сложны в использовании и дороги. Их целесообразно применять на глубинах, недоступных для непосредственного наблюдения с поверхности, в то время как при обследовании мелководий при необходимости можно обходиться наиболее простыми техническими средствами.

При использовании видеозаписи наблюдения может вести только один человек, а параллельный просмотр отснятого материала могут выполнить другие специалисты в камеральных условиях, что будет способствовать повышению качества оценок и устранению возможных артефактов. Однако нельзя проводить видеозапись в автоматическом режиме, без наблюдателя, в расчете на последующий параллельный ее осмотр специалистами. Во время работы скорость и направление движения судна постоянно корректируются наблюдателем для получения наиболее качественного изображения. В противном случае отснятый материал может оказаться малопригодным для использования.

**Сравнение данных двух наблюдателей.** Прежде чем анализировать полученные результаты, выясним, какова вероятность случайного совпадения независимых показаний. При визуальной оценке ПП с точностью до 0,1 мы имеем дело с ранговой шкалой из 10 рангов обилия — от 0,1 до 1,0. В этом случае вероятность случайного совпадения оценок в одной точке наблюдений составляет  $0,10 \times 0,10 = 0,01$ . Иными словами, в 99 % случаев совпадения показаний неслучайны и отражают объективно существующие в природе закономерности. Известны схемы расчета необходимого количества экспертов. Теоретически двух экспертов достаточно для получения согласованных оценок с 75 %-ной вероятностью и допустимой ошибкой на уровне 20 % [Рупосов, 2015] (рис. 3), что вполне приемлемо на практике.

Сравним показания наблюдателей в нашем исследовании. В целом они (рис. 3, 4, табл. 2, 3) были хорошо согласованы: коэффициент конкордации оценок ОПП составил 0,73, а ПП сахарины японской — 0,78. Вероятность случайного совпадения показаний в обоих случаях была чрезвычайно мала ( $p < 0,0001$ ). Таким образом, показаниям наблюдателей можно доверять, они вполне пригодны для практического применения.

Таблица 2

Описательные статистики оценок покрытия дна растительностью  
в северо-западной части Татарского пролива в 2019 г.

Table 2

Descriptive statistics of projective cover in the northwestern Tatar Strait in 2019

Оценка	№ станций	Максимум*	Среднее	Ст. ошибка	Медиана
Наблюдатель А, ОПП	72	1,0	0,600	0,028	0,650
Наблюдатель Б, ОПП	79	1,0	0,596	0,027	0,60
Наблюдатель А, ПП	75	1,0	0,380	0,032	0,40
Наблюдатель Б, ПП	79	0,90	0,377	0,029	0,30
ОПП, разность между А и Б	72	0,50	0,083	0,012	0,10
ПП, разность А и Б	72	0,50	0,090	0,012	0,10
Осредненные ОПП, юг	38	1,0	0,588	0,043	0,625
Осредненные ОПП, север	43	0,90	0,530	0,035	0,550
Осредненные ПП, юг	38	0,95	0,488	0,041	0,50
Осредненные ПП, север	43	0,75	0,247	0,032	0,20

\* Все минимальные значения равны нулю.

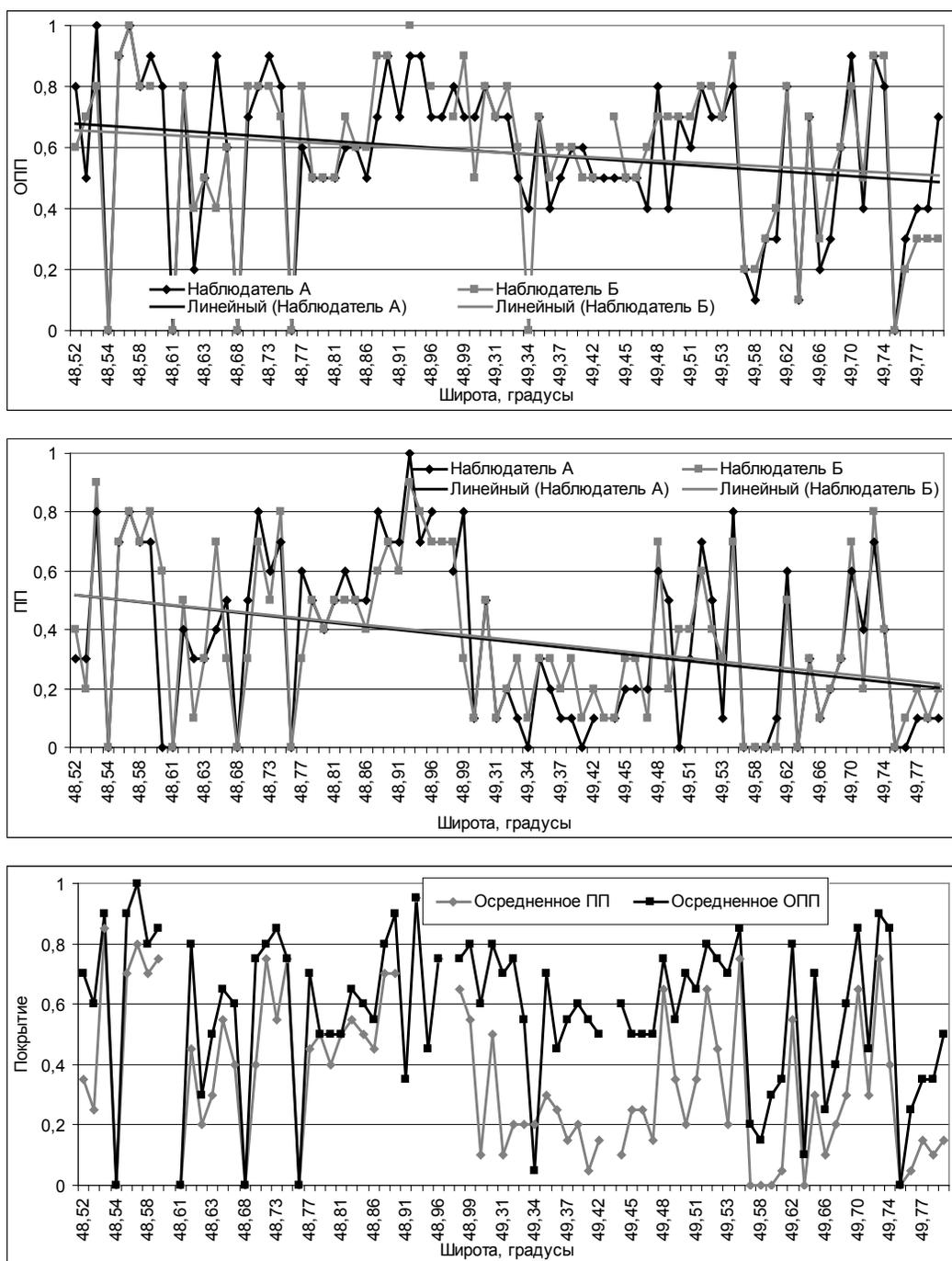


Рис. 3. Визуальные оценки покрытия дна растительностью по широте в северо-западной части Татарского пролива в 2019 г. Пояснения см. в тексте

Fig. 3. Latitudinal variation of visual estimations of submarine vegetation projective cover in the northwestern Tatar Strait in 2019. See the text for explanations

Доли оценок с высокой степенью согласованности составили 81 % для ОПП и 82 % для ПП сахарины японской, а доли умеренно согласованных оценок — соответственно 16 и 15 %. Плохо согласованные оценки были редки и составляли около 3 % для обоих показателей. Несогласованных оценок, которые требовали бы отбраковки данных, не оказалось. Такие результаты следует считать обнадеживающими: даже если

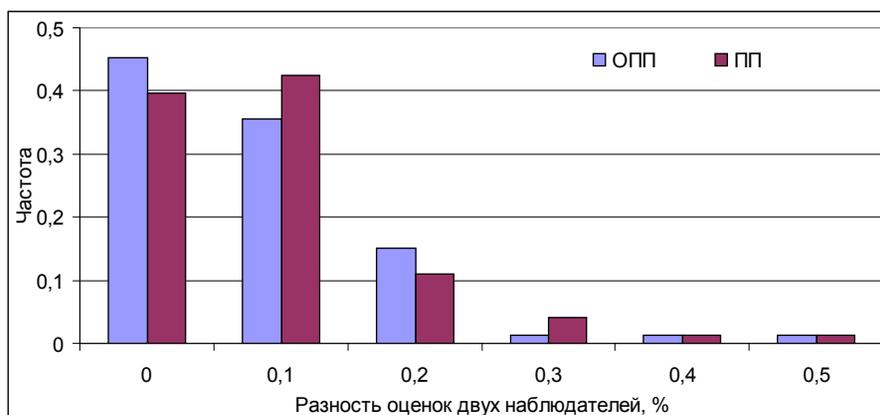


Рис. 4. Распределение разностей визуальных оценок покрытия дна растительностью наблюдателями А и Б в северо-западной части Татарского пролива в 2019 г.

Fig. 4. Differences of visual estimations for projective cover of submarine vegetation made by observers A and B in the northwestern Tatar Strait in 2019

Таблица 3

Вероятность ошибочного отклонения нулевой гипотезы (p) при сравнении покрытия дна растительностью в северо-западной части Татарского пролива в 2019 г.

Table 3

Probability of false rejection of null hypothesis (p) for comparing of the projective cover estimations in the northwestern Tatar Strait in 2019

Критерий оценки	Стьюдента	Фишера	Колмогорова-Смирнова	Эппса-Синклтона
ОПП наблюдателями А и Б	0,920	0,84	1,0	0,960
ПП наблюдателями А и Б	0,940	0,55	0,990	0,770
Разностей ОПП и ПП	0,680	0,89	0,990	0,860
Осредненного ОПП севера и юга	0,30	0,35	0,610	0,050
Осредненного ПП севера и юга	< 0,0001	0,24	< 0,0001	< 0,0001

подход к отбраковке предельно ужесточить, оставляя только высоко согласованные показания, более 80 % совместных оценок будут пригодны для дальнейшего использования. В дальнейшем, для практической работы, целесообразно заранее определить условия, при которых качество наблюдений считается достаточным для последующего использования: например, количество высоко согласованных показаний должно быть не менее 70 %.

Средние значения разности в оценках обоих показателей весьма близки: для ОПП  $0,083 \pm 0,012$ , а для ПП  $0,090 \pm 0,012$  (табл. 2) — и вполне ожидаемо статистически незначимы. Оценки обоими наблюдателями как ОПП, так и ПП статистически неразличимы (табл. 3). Следовательно, оба показателя оценивались наблюдателями с сопоставимой точностью, а их наблюдения отражали объективную картину покрытия дна растительностью.

Итак, первый опыт использования параллельных независимых визуальных наблюдений покрытия дна растительностью дал положительные результаты, показав высокую степень согласованности полученных оценок. Следует полагать, что приобретенный опыт и необходимая тренировка наблюдателей позволят в дальнейшем повысить степень согласованности данных. Кроме того, имеет смысл применить описанный подход для решения более сложных задач: получения согласованных оценок обилия нескольких видов растительности, описания ценотической структуры мелководной растительности по ее физиономическому облику и т.п. Эти задачи следует выделить в качестве направлений дальнейших исследований на ближайшую перспективу.

**Сравнение оценок покрытия с поверхности и водолазным способом.** Интересна картина сравнения данных по ОПП, полученных с поверхности и при осмотре дна водолазом (рис. 5), из которой следует, что по водолажным данным 58 % станций имели ОПП, равное 1, тогда как по наблюдениям с поверхности доля станций, на которых дно полностью покрыто растительностью, составила лишь 11 %. Причина такого расхождения проста: с поверхности хорошо видны только крупные пластинчатые и кустистые растения, в то время как проростки, мелкие формы, а также корковые водоросли (представители порядков Ralfsiales и отчасти Corallinales) легко ускользают от наблюдения. В то же время водолаз (как и подводные роботы и привязные видеокамеры), находясь в непосредственной близости от поверхности грунта, способен легко учитывать эти растения. Таким образом, результативность осмотров с поверхности обеспечивается большой площадью обзора, а у дна — высокой детальностью наблюдений. Поэтому наблюдения с поверхности пригодны только для учета ОПП и ПП крупных форм растительности, чего вполне достаточно при проведении ресурсных исследований на мелководьях. Тем не менее оба способа оценок позволяют выделить две категории мощности донной растительности: относительно разреженные, с ОПП до 0,5, — 6–9 % станций в зависимости от способа наблюдения, и плотные, с ОПП 0,5–1,0 — 91–94 % станций (рис. 5). Из этого следует, что участки со слабо развитым растительным покровом на исследованной территории редки; абсолютно преобладают участки с хорошо выраженной растительностью. Частоты встречаемости ОПП, оцененные разными способами, статистически значимо не различаются (тест Колмогорова-Смирнова,  $p = 0,68$ ).

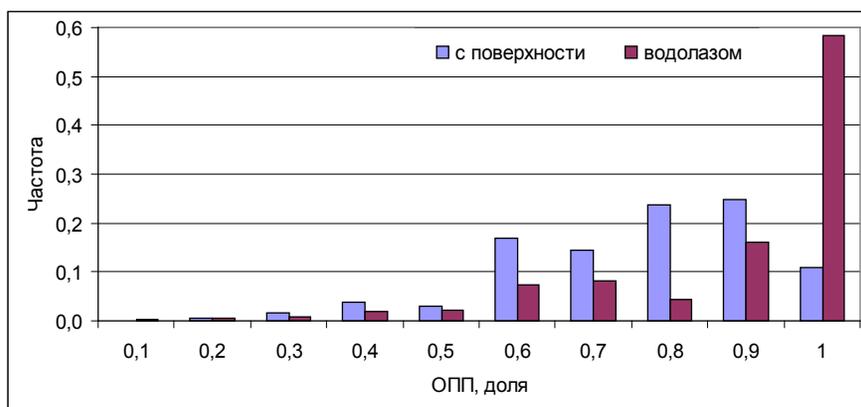


Рис. 5. Сравнительные данные оценок ОПП по данным водолазной (2010 г.) и визуальной (2019 г.) съемки в северо-западной части Татарского пролива

Fig. 5. Comparative estimations of total projective cover in the north-western Tatar Strait based on SCUBA survey in 2010 and visual survey in 2019

Рассмотрим таким же образом оценки ПП сахарины японской (рис. 6). Частотные диаграммы позволяют выделить две категории мощности ее поселений — с ПП до 0,7 (63–74 % станций в зависимости от способа наблюдения) и от 0,7 до 1,0 (26–37 % станций). При оценках с поверхности чаще всего встречались станции с ПП = 0,8 (28 %), тогда как при водолажных оценках частоты были распределены относительно равномерно. Помимо естественных межгодовых различий в обилии, столь явная разница, очевидно, обусловлена тем обстоятельством, что оценкам с поверхности доступны только мелководья, где обилие сахарины японской достигает наибольших величин, в то время как водолаз во время стандартной съемки осматривает практически весь диапазон глубин ее обитания (2–20 м). При градиентном снижении обилия вида с глубиной [Дуленин, 2019] частоты максимальных значений обилия при водолажных оценках закономерно оказываются меньше. Тем не менее, как и в случае с оценками ОПП, частоты ПП сахарины японской, оцененные разными способами, статистически значимо не различаются с той же вероятностью (тест Колмогорова-Смирнова,  $p = 0,68$ ).

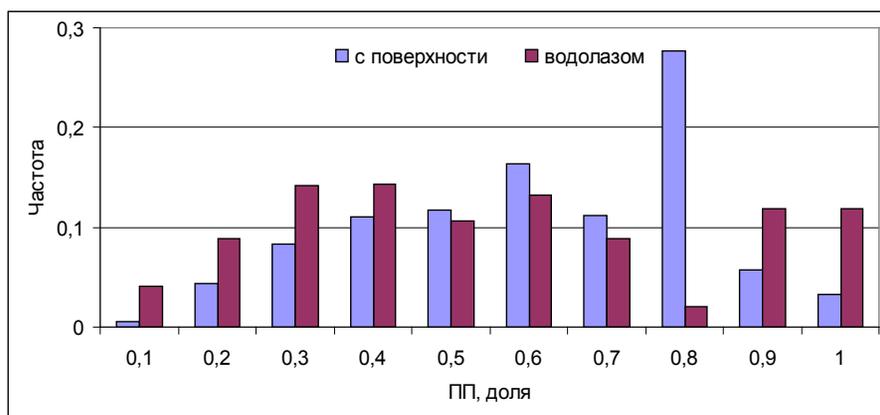


Рис. 6. Сравнительные данные оценок ПП сахарины японской по данным водолазной (2010 г.) и визуальной (2019 г.) съемки в северо-западной части Татарского пролива

Fig. 6. Comparative estimations of *Saccharina japonica* projective cover in the northwestern Tatar Strait based on SCUBA survey in 2010 and visual survey in 2019

Итак, отсутствие статистически значимых различий оценок ОПП и ПП, выполненных разными способами в разные годы, показывает, что их нужно признать адекватно отражающими действительность. Теоретически проверяемость и опровергаемость водолажных оценок проективного покрытия можно обеспечить использованием оценок одновременно двух водолазов, аналогично наблюдениям с поверхности. Однако из-за дороговизны водолажного труда такой подход представляется чрезвычайно экстенсивным: в подавляющем большинстве исследований он не будет осуществлен на практике. Гораздо проще обеспечить параллельные оценки съемкой погружения на экшн-камеру. В этом случае научный сотрудник, находящийся на борту водолажного бота, может осматривать полученные изображения и давать параллельные оценки как на месте, при перемещении между станциями, так и в камеральных условиях. Кроме того, осмотр дна в реальном времени одновременно с водолазом возможен при использовании привязной видеокамеры или легкого подводного робота, хотя, как отмечено выше, это оборудование более громоздкое. Остается открытым вопрос, насколько высока может быть степень согласованности одновременных визуальных оценок покрытия с поверхности и у дна. В связи с этим в качестве ближайшего направления исследований нужно обозначить получение параллельных визуальных оценок покрытия этими способами.

**Анализ распределения растительности.** В южном районе осредненное значение ОПП составило в среднем  $0,59 \pm 0,04$ , а в северном несколько меньше —  $0,53 \pm 0,04$ . Различия ОПП удалось показать только по одному из критериев на относительно низком уровне статистической значимости (критерий Эпса-Синклтона,  $p = 0,05$ ). Разница средних значений ПП сахарины японской была более выражена: на юге его величина составила  $0,49 \pm 0,04$ , а на севере — в 2 раза меньше,  $0,25 \pm 0,03$  (см. табл. 2). Доля сахарины японской в общем покрытии дна растительностью снижалась с юга на север с 83 до 47 %. Статистически различия ПП в обоих районах выявлялись тремя из четырех примененных критериев на весьма высоком уровне значимости ( $p < 0,0001$ ).

Констатируя неравномерность распределения растительности в широтном направлении, выявим наличие градиентных изменений ее обилия. Линии трендов, построенные по данным обоих наблюдателей и по обоим использовавшимся показателям, практически совпали (см. рис. 3), параметры их линейной регрессии оказались весьма близки, а значения стандартных ошибок почти всегда одинаковы (табл. 4). Это означает, что параллельные визуальные оценки покрытия хорошо подходят для выявления и анализа градиентных изменений растительного покрова.

Градиентные изменения ОПП, вопреки первым ожиданиям, имелись, однако были слабо выражены (табл. 4): угловые коэффициенты линии регрессии составили  $-0,10$  и

Таблица 4

Параметры линейной регрессии оценок покрытия дна растительностью в зависимости от широты в северо-западной части Татарского пролива двумя наблюдателями в 2019 г.

Table 4

Linear regression parameters for the projective cover dependence on latitude calculated on observations of two observers in the northwestern Tatar Strait in 2019

Показатель	Угловой коэффициент регрессии, $\alpha \pm SE$	Коэффициент пересечения, $\beta \pm SE$	Коэффициент детерминации, $r^2$	t	Вероятность ошибочного отклонения 0-гипотезы, p
ОПП, наблюдатель А	$-0,13 \pm 0,07$	$0,66 \pm 0,06$	0,05	-1,98	0,050
ОПП, наблюдатель Б	$-0,10 \pm 0,07$	$0,68 \pm 0,06$	0,03	-1,38	0,170
ПП, наблюдатель А	$-0,25 \pm 0,07$	$0,52 \pm 0,06$	0,14	-3,60	0,0005
ПП, наблюдатель Б	$-0,23 \pm 0,06$	$0,52 \pm 0,06$	0,13	-3,58	0,0005

-0,13, т.е. ОПП в обсуждаемых районах уменьшалось на 10–13 % с каждым градусом географической широты.

Однако ранее [Дуленин, Гусарова, 2016] было показано, что общие УБМ донной растительности в северо-западной части Татарского пролива, наоборот, статистически значимо росли с юга на север. Для того чтобы выяснить, чем обусловлено такое несоответствие, обратимся к анализу регрессии ПП сахарины японской в зависимости от широты. Этот показатель падал статистически значимо — на 23–25 % с каждым градусом широты (табл. 4). Однако, помимо общих биомасс донной растительности, УБМ сахарины японской в северо-западной части Татарского пролива также росла с каждым градусом широты, достигая максимума у северной границы ареала этого вида, т.е. на 49° с.ш. [Дуленин, Гусарова, 2016]. Следовательно, снижение ПП, очевидно, носит локальный, временный характер и обусловлено естественной ежегодной сменой генераций сахарины японской на разных участках. В самом деле, в районе к югу от Советской Гавани (южнее 48,99° с.ш.) не было отмечено плотных непромысловых поселений сахарины японской первого года вегетации, в то время как к северу от мыса Датта (севернее 49,31° с.ш.) такие поселения были обширными, что закономерно привело к снижению общей площади дна, занятой второгодними слоевищами. Кроме того, тренды изменения ОПП и ПП по широте однонаправлены и показывают как общее снижение покрытия дна растительностью, так и уменьшение ПП сахарины японской по направлению к северу. ОПП и ПП северного и южного районов косвенно сопряжены (см. табл. 2,  $\chi^2 = 0,12$ ,  $p = 0,73$ ). Это обусловлено вполне естественной причиной: сахарина японская, будучи доминантным видом макрофитов Татарского пролива [Клочкова, 1996; Дуленин, Гусарова, 2016], формирует в обследованных биотопах исследованных районов наибольшую долю растительного покрова. Поэтому локальные снижения ее ПП привели и к градиентному уменьшению ОПП в широтном направлении.

Максимальные ОПП и ПП сахарины японской достигали 1. Нулевые значения ОПП (отсутствие видимой с поверхности растительности) наблюдались на 6 % станций. Такие участки, как правило, наблюдаются на мелководных валунных участках пологого дна. Здесь отсутствие крупных форм растительности очевидно связано с истирающим воздействием льдов зимой и валунов во время шторма, благодаря чему уничтожаются крупные слоевища.

Итак, субъективные визуальные оценки проективного покрытия позволяют выявить общий характер и локальные особенности пространственного распределения как донной растительности в целом, так и отдельного учитываемого вида в частности.

**Оценка запаса.** Как и следовало ожидать, исходя из сходства оценок ПП сахарины японской оценки запаса по данным двух наблюдателей оказались весьма

близки (табл. 5). В абсолютном выражении они различаются лишь на 2 тыс. т как для общего, так и для промыслового запаса. Несовпадение данных составило от 6 до 11 %, что весьма немного. Оценки запаса по всему ряду обследованных участков статистически значимо не различаются (от  $p = 0,46$  по критерию Фишера до  $p = 0,8$  по критерию Колмогорова-Смирнова). Участков, которые обоими наблюдателями были оценены как промысловые, оказалось 27. Простое осреднение оценок промыслового запаса позволяет оценить его объем в 25 тыс. т на площади 315 га. На юге промысловые поселения были отмечены на 20 из 38 станций (53 %), на севере — на 7 из 43 (16 %) (см. рис. 1). Как видим, встречаемость промысловых поселений на юге была в 4 раза выше, чем на севере. Общая частота встречаемости промысловых поселений составила 37 %. Частота встречаемости сахарины японской в обследованных районах насчитывала 89 % по всем станциям. Общий запас в обследованных районах оценен в 35 тыс. т (23 тыс. т на юге и 12 тыс. т на севере). Таким образом, промысловый запас составил 71 % общего запаса.

Таблица 5

Сравнение показателей состояния запаса сахарины японской в северо-западной части Татарского пролива по оценкам двух наблюдателей в 2019 г.

Table 5

Comparison of *Saccarina japonica* stock in the northwestern Tatar Strait assessed on observations of two observers in 2019

Показатель	Наблюдатель А	Наблюдатель Б	Несовпадение, %
Общий запас, тыс. т	34	36	6
Общая площадь, га	683	746	9
N участков	65	71	9
Промысловый запас, тыс. т	26	24	8
Площадь пром. поселений, га	347	315	11
N пром. участков	33	30	10

Можно ужесточить процедуру оценки запаса, осреднив данные только для тех участков, которые были согласованно оценены обоими наблюдателями как промысловые, отбраковав остальные. На таких участках по данным обоих наблюдателей промысловый запас оценен одинаково, в 22 тыс. т на площади 284 га. Разные способы осреднения дают несовпадение в оценках на 13 % по величине промыслового запаса и на 9 % по площади поселений, что несущественно. Таким образом, результаты визуальных оценок ПП пригодны для оценки промыслового запаса сахарины японской.

Удельный промысловый запас в годы проведения регулярных съемок изменялся от 120 до 250 т/км (табл. 6), притом что интенсивность промысла всегда оставалась низкой. Поэтому приведенные значения можно считать диапазоном значений удельного запаса, отражающим его естественные колебания. УПЗ в 2019 г., рассчитанный простым осреднением данных наблюдателей, составил 200 т/км, что является наименьшим значением этого показателя за последние годы, в частности за период с 2015 г., когда оценки запаса выполняли по данным визуальных осмотров. Показатели УПЗ год от года статистически значимо не меняются (тест Колмогорова-Смирнова,  $p = 0,32$ ). Это косвенно означает, что применяемые методы пригодны для оценки его межгодовых изменений. При общей протяженности побережий, вдоль которых располагаются промысловые поселения сахарины японской в пределах Хабаровского края, равной 300 км, ее промысловый запас в Татарском проливе у берегов Хабаровского края на глубинах до 6 м оценен в 2019 г. на уровне 60 тыс. т.

Другие массовые (промысловые и потенциально промысловые) виды донной растительности северо-западной части Татарского пролива, визуальные оценки обилия которых могут быть пригодны для оценки промысловых запасов, определены ранее [Дуленин, 2016].

Таблица 6

Данные о промысловом запасе сахарины японской в годы проведения регулярных учетных съемок в северо-западной части Татарского пролива в 2019 г.

Table 6

Commercial stock of *Saccharina japonica* in the northwestern Tatar Strait in the years of counting surveys

Год	Обследовано побережья, км	Объем промыслового запаса, тыс. т	Удельный промысловый запас, т/км
2019	130	60	200
2018	50	12	240
2016	170	42	250
2015	220	46	210
2010	300	60	200
1999	130	16	120

**Оценка экономической эффективности метода.** Обсуждаемая съемка выполнена у побережий протяженностью 125 км. Целесообразно сравнить ее с гидробиологической водолазной съемкой 1999 г. в тех же районах вдоль побережий протяженностью 130 км. Для выполнения визуальной съемки потребовалось 2 дня, 2 чел. и маломерный катер. Работы проводились в режиме разовых однодневных выездов. Непосредственные затраты на съемки были ограничены приобретением топлива (150 л бензина) на сумму 7 тыс. руб.

Для выполнения водолазной съемки в 1999 г. потребовалось среднетоннажное судно класса РС с экипажем 24 чел. на борту. Продолжительность съемки составила 1 мес. Стоимость аренды НИС класса РС в настоящее время составляет около 250 тыс. руб./сут. Таким образом, общая стоимость съемки в течение месяца, без учета оплаты труда научной группы, составляет 7,5 млн руб., т.е. непосредственные затраты на выполнение альгологической съемки с борта маломерного судна на 3 порядка меньше, чем на проведение такой же работы с борта среднетоннажного НИС.

Даже в случае выполнения максимально широкого круга задач визуальные съемки с маломерных судов со всеми сопутствующими работами (отбор проб водолазными или иными методами, оконтуривание промысловых поселений и т.п.) требуют в несколько раз меньше времени, чем традиционная съемка с борта среднетоннажных НИС. Результаты и общие перспективы выполнения съемок в прибрежной зоне с борта маломерных судов подробно обсуждались ранее [Дуленин, 2017а].

В условиях недостаточного финансирования работ рыбохозяйственной науки при одновременном ужесточении требований к качеству НИР особенно остро встают вопросы оптимизации затрат на проведение исследований. С учетом полученного за последнее время опыта следует заключить, что ежегодные учетные съемки прибрежных акваторий протяженностью до нескольких сотен километров целесообразно выполнять с борта маломерных судов. Одним из наиболее эффективных методов таких съемок показали себя параллельные визуальные независимые оценки обилия макрофитов. Среднетоннажные суда имеет смысл использовать для подробных съемок экосистемного характера, а также для съемок протяженных малонаселенных районов. Такая дифференциация подходов к проведению НИР позволит повысить их эффективность при одновременной значительной экономии средств и трудовых затрат.

**Алгоритм выполнения визуальной съемки.** Для успешного выполнения НИР, особенно с использованием новых методов, их исполнители должны еще до начала работ четко представлять логику и последовательность проведения съемки. В общем виде ее алгоритм следующий.

1. В течение 1–3 дней провести обучение (пробную съемку) на небольшом доступном участке побережья:

а) добиться согласованности независимых параллельных оценок двух наблюдателей. Для этого выполнить 10–50 (в зависимости от условий и объектов) пробных

станций. Наблюдатели, осмотрев заданный участок, одновременно записывают номер участка и показатели покрытия. Наблюдатели не должны видеть записи друг друга. После записи каждой пары показаний для выявления особенностей и ошибок наблюдений они озвучиваются и обсуждаются с повторным, уже совместным, осмотром участка. Необходимо следить за тем, чтобы все оценки и записи были парными. Желательно добиться, чтобы средняя разность в показаниях наблюдателей не превышала 10 %;

б) отработать уверенное выполнение трансект и галсов;

в) определить среднее время обследования одной станции с учетом выполнения галсов и прочих маневров судна, времени на запись показаний и координат и т.п.;

г) оценить среднее необходимое расстояние между станциями исходя из степени однородности растительного покрова и характера береговой линии (обычно от 1 до 4 км) с учетом того, что для получения репрезентативных данных необходимо сделать не менее 30–50 параллельных наблюдений;

д) выяснить среднее время, необходимое для перемещения между станциями исходя из скорости движения судна.

#### 2. *Определить район исследования:*

а) участки, на которых заведомо отсутствуют учитываемые объекты, исключить на стадии планирования;

б) оценить, какая часть предполагаемого района доступна для обследования с учетом имеющегося транспорта, времени, наличия укрытий и прочих обстоятельств;

в) в пределах технически доступной части района наметить участки, которые нужно обследовать в первую очередь, и те, которые можно обследовать при наличии возможностей.

3. *Наметить ориентировочную сетку станций исходя из возможной продолжительности работ, скорости движения судна, предполагаемого времени обследования каждой станции, погодных условий и т.п.:*

а) вдоль однородных участков побережий наметить выполнение станций через равные расстояния;

б) отдельные станции наметить на участках меняющихся топических условий (смена характера берега, бухты, мысы, и т.п.) в соответствии с принципом типического отбора [Лукин, Фадеев, 1982; Блинова и др., 2003].

#### 4. *Провести съемку:*

а) подходя к берегу на глубину 1,5–2,0 м, осмотреться, выбрав соответствующий сценарий наблюдений;

б) если пояс растительности узок и однороден, провести трансекту от глубины 1,5–2,0 м до нижней границы видимости под углом 30–60° к берегу, записав координаты ее начала и конца. Средние ПП учитываемых видов записать однажды, выполнить одну станцию;

в) если пояс узок, а растительность расположена пятнами, сделать несколько (2–4) галсов под углом 30–60° к берегу для оценки средних показателей ПП учитываемых видов и записать координаты самой близкой и самой далекой от берега точек. Средние ПП учитываемых видов записать однажды, выполнив одну станцию;

г) если пояс растительности широк и однороден (50–500 м и более), провести трансекту перпендикулярно берегу. При необходимости сделать несколько оценок ПП учитываемых видов через регулярные интервалы (50–200 м) или в зависимости от глубины (через каждые 1–2 м), записывая координаты каждого интервала, выполнив несколько станций, расположенных по принципу стандартного гидробиологического разреза;

д) если пояс растительности широк и включает несколько ценологических зон, провести трансекту перпендикулярно берегу, записывая координаты границ каждого пояса и отмечая ПП учитываемых видов в каждом поясе, сделав несколько станций;

е) если на участке отсутствует видимость или растительность, записать его координаты и сделать соответствующие отметки;

ж) перейти к следующему участку, повторить последовательность;

з) при необходимости выполнить дополнительные станции наблюдений, скорректировав первоначальную схему.

**5. Обработать результаты съемки:**

- а) отбраковать непарные, несогласованные и заведомо ошибочные данные;
- б) выделить категории зарослей (например, «промысловые» и «непромысловые») в зависимости от оценок ПП;
- в) вычислить площади промысловых и непромысловых участков;
- г) построить зависимости между оценками ПП и УБМ по данным съемок, выполненных инструментальными методами;
- д) из полученных зависимостей и известных площадей участков вычислить величину удельной биомассы и запаса на каждом участке;
- е) вычислить величины промысловой и непромысловой части запаса обследованных районов.

Необходимо понимать, что съемка — творческий процесс, поэтому изложенная последовательность действий имеет рекомендательный характер. Специалисты, выполняющие НИР, должны учитывать особенности конкретных регионов и объектов исследования, при необходимости дополняя и модифицируя общую схему работ для достижения наилучших результатов.

### **Выводы**

Метод параллельных наблюдений обеспечивает проверяемость и опровергаемость данных при выполнении учетных съемок макрофитов визуальным способом. Дополнительная видеофиксация материалов дает возможность проверки показаний сторонними экспертами. Выполнение оценок возможно после приобретения наблюдателями навыков, необходимых для определения учитываемых видов. Осмотры невозможны при высокой мутности и других обстоятельствах, ухудшающих видимость.

Оценки двух наблюдателей были хорошо согласованы и оказались пригодны для практического применения: коэффициент конкордации оценок ОПП составил 0,73, а ПП сахарины японской — 0,78 при  $p < 0,0001$ . Доли оценок с высокой степенью согласованности составили 81 % для ОПП и 82 % для ПП. Плохо согласованные оценки были редки и составляли около 3 % для обоих показателей.

Сравнение оценок с поверхности и у дна (полученных водолазным способом) показали, что наблюдения с поверхности дают некоторый недоучет ОПП, однако статистически значимые различия между ними не выявлены ( $p = 0,68$ ). Наблюдения у дна обеспечивают более полный учет благодаря возможности оценок покрытия дна мелкими и корковыми водорослями (представителями порядков Ralfsiales и отчасти Corallinales).

Метод пригоден для оценки общих закономерностей пространственного распределения донной растительности. В южном районе осредненное значение ОПП составило в среднем  $0,59 \pm 0,04$ , а в северном несколько меньше —  $0,53 \pm 0,04$ . Разница средних значений ПП сахарины японской была более выражена: на юге оно составляло  $0,49 \pm 0,04$ , а на севере — в 2 раза меньше,  $0,25 \pm 0,03$  %.

Параллельные визуальные наблюдения пригодны для оценки промысловых запасов сахарины японской. Промысловый запас в обследованных районах оценен в 25 тыс. т на площади 315 га при УПЗ 200 т/км. Различия оценок запаса по данным каждого из наблюдателей статистически незначимы ( $p = 0,46-0,80$ ).

Учетные съемки макрофитов методом параллельных наблюдений экономически эффективны. Они позволяют сократить трудозатраты и время выполнения работ на порядок, а их стоимость — на 3 порядка по сравнению со стандартными водолазными съемками.

### **Благодарности**

Автор благодарит сотрудников ХабаровскНИРО И.В. Занькова за участие в выполнении наблюдений и А.Ю. Немченко за построение карты съемки, В.В. Свиридова за ценные замечания, касающиеся изложения результатов.

## Финансирование работы

Работы выполнены по госзаданию в соответствии с календарным планом ХабаровскНИРО на 2019 г.

## Соблюдение этических стандартов

Все приемлемые национальные, институциональные и международные этические принципы соблюдены.

## Список литературы

**Афанасьев Д.Ф., Абдуллин Ш.Р.** Опыт анализа организации донной растительности российского шельфа Черного моря с использованием непрямой ординации // Экология. — 2014. — № 1. — С. 74–76. DOI: 10.7868/S0367059714010028.

**Блинова Е.И., Вилкова О.Ю., Милютин Д.М., Пронина О.А.** Методические рекомендации по учету запасов промысловых гидробионтов в прибрежной зоне. — М. : ВНИРО, 2003. — 80 с.

**Быков Б.А.** Геоботаника : учеб. пособ. — Алма-Ата : Наука, 1978. — 288 с.

**Гиляров А.М.** Перестройка в экологии: от описания видимого к пониманию скрытого // Вестн. РАН. — 2005. — Т. 75, № 3. — С. 214–223.

**Дуленин А.А.** Комплексный подход к организации прибрежных рыбохозяйственных исследований в условиях сокращения их финансирования // Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление : мат-лы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию Камчатского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2017а. — С. 112–118.

**Дуленин А.А.** Некоторые методические проблемы водолазных гидробиологических учетных съемок и пути их разрешения // Изв. ТИНРО. — 2017б. — Т. 170. — С. 231–244. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-190-231-244.

**Дуленин А.А.** О применимости визуальных наблюдений для оценки обилия макрофитов на примере сахарины японской северо-западной части Татарского пролива // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование : мат-лы 7-й всерос. науч.-практ. конф. — Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2016. — С. 80–84.

**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., Гусарова И.С.** Широтные изменения состава и структуры растительности в северо-западной части Татарского пролива // Биол. моря. — 2016. — Т. 42, № 4. — С. 260–267.

**Дуленин А.А., Кудревский О.А.** Использование легкого телеуправляемого необитаемого подводного аппарата для морских прибрежных гидробиологических исследований // Вестн. КамчатГТУ. — 2019. — № 48. — С. 6–17. DOI: 10.17217/2079-0333-2019-48-6-17.

**Клочкова Н.Г.** Флора водорослей-макрофитов Татарского пролива и особенности ее формирования : моногр. — Владивосток : Дальнаука, 1996. — 291 с.

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

**Лукин В.И., Фадеев В.И.** Особенности планирования гидробиологических работ на акваториях большой протяженности // Подводные гидробиологические исследования. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1982. — С. 13–20.

**Миркин Б.М., Наумова Л.Г.** Метод классификации растительности по Браун-Бланке в России // Журн. общ. биол. — 2009. — Т. 70, № 1. — С. 66–77.

**Поляков А.В.** КартМастер 4.1. Построение и анализ карт распределения запаса. — М. : ВНИРО, 2008. — 183 с.

**Резник А.Д.** Книга для тех, кто не любит статистику, но вынужден ею пользоваться : моногр. — СПб. : Речь, 2008. — 264 с.

**Рупосов В.Л.** Методы определения количества экспертов // Вестн. ИрГТУ. — 2015. — № 3 (98). — С. 286–292.

**Сидоренко Е.В.** Методы математической обработки в психологии : моногр. — СПб. : Речь, 2003. — 345 с.

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

**Carpenter D.E., Luczkovich J.J., Kenworthy W.J. et al.** Development of a performance-based submerged aquatic vegetation monitoring and outreach program for North Carolina : Project Dates: May 1, 2009 to September 21, 2012. — 2012. — 155 p. <https://files.nc.gov/apnep/documents/files/committees/SAVMonitoringAPNEPtoCRFLFinal21Sep12.pdf>

**Madsen J.D., Bloomfield J.A.** Aquatic vegetation quantification symposium: An overview // Lake Reserv. Manage. — 1993. — Vol. 7. — P. 137–140.

**Madsen J.D., Wersal R.M.** A review of aquatic plant monitoring and assessment methods // J. Aquat. Plant Manage. — 2017. — Vol. 55. — P. 1–12.

**Popper K.** The logic of scientific discovery. — L. and N.Y. : Routledge, 2002. — 513 p.

**Sales M.V.** Cystoseira-dominated assemblages from sheltered areas in the Mediterranean sea: diversity, distribution and effect of pollution : Ph.D. Thesis. — Blanes, 2010. — 261 p.

**Sameoto J.A., Lawton P., Strong M.B.** An approach to the development of a relational database and GIS applicable scheme for the analysis of video-based surveys of benthic habitats. — St. Andrews : Fisheries and Oceans Canada Biological Station, 2008. — 40 p.

**Sheehan E., Rodriguez-Rodriguez D., Foster N. et al.** A comparative study of towed underwater video methodology to monitor benthic habitats in Marine Protected Areas. — Ifremer, Sussex IFCA and Marine Institute for the Protected Area Network Across the Channel Ecosystem (PANACHE) project. INTERREG programme. — 2014. — 46 p. [https://www.panache.eu.com/upload/iedit/12/pj/2145\\_5698\\_WP2ENcomparative\\_study\\_of\\_towed\\_underwater\\_video.pdf](https://www.panache.eu.com/upload/iedit/12/pj/2145_5698_WP2ENcomparative_study_of_towed_underwater_video.pdf)

## References

**Afanasyev, D.F. and Abdullin, S.R.,** Experience in analyzing organization of bottom vegetation on the Russian Black Sea shelf using indirect ordination, *Russ. J. Ecol.*, 2014, vol. 45, no. 1, pp. 80–82.

**Blinova, E.I., Vilkova, O.Yu., Milyutin, D.M., and Pronina, O.A.,** *Metodicheskie rekomendatsii po uchetu zasobov promyslovykh gidrobiontov v pribrezhnoi zone* (Methodological Recommendations for the Inventory of Stocks of Commercial Aquatic Species in the Coastal Zone), Moscow: VNIRO, 2003.

**Bykov, B.A.,** *Geobotanika* (Geobotany), Alma-Ata: Nauka, 1978.

**Gilyarov, A.M.,** Restructuring ecology: from describing the visible to understanding the invisible, *Herald Russ. Acad. Sci.*, 2005, vol. 75, no. 3, pp. 214–223.

**Dulenin, A.A.,** An integrated approach to the organization of coastal fisheries research in the context of reduced funding, in *Mater. Vseross. nauchn. konf. mezhdunar. uchastiem, posvyashch. 85-letiyu Kamchatskogo nauchno-issled. inst. rybn. khoz. okeanogr. "Vodnye biologicheskie resursy Rossii: sostoyaniye, monitoring, upravleniye"* (Proc. All-Russ. Sci. Conf. Int. Participation, Dedicated 85<sup>th</sup> Anniv. Kamchatka Res. Inst. Fish. Oceanogr. "Aquatic Biological Resources of Russia: State, Monitoring, and Management"), Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2017a, pp. 112–118.

**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.*, 2017b, vol. 190, pp. 231–244. doi 10.26428/1606-9919-2017-190-231-244

**Dulenin, A.A.,** On the applicability of visual observations to assess the abundance of macrophytes by the example of saccharin in the Japanese northwestern part of the Tatar Strait, in *Mater. 7 Vseros. Nauch.-Prakt. Conf. "Prirodnyye resursy, ikh sovremennoye sostoyaniye, okhrana, promyslovoye i tekhnicheskoye ispol'zovaniye"* (Proc. 7<sup>th</sup> All-Russ. Sci. Pract. Conf. "Natural resources, their current state, protection, commercial and technical use"), Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatskii Gos. Tekh. Univ., 2016, pp. 80–84.

**Dulenin, A.A.,** The 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. 96–105. doi 10.1134/S1063074019020032

**Dulenin, A.A. and Gusarova, I.S.,** Latitudinal variations in the composition and structure of vegetation in the northwestern Tatar Strait, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2016, vol. 42, no. 4, pp. 299–307. doi 10.1134/S1063074016040040

**Dulenin, A.A. and Kudrevskiy, O.A.,** The use of lightweight remote operated vehicle for marine coastal hydrobiological investigations, *Vestn. Kamchatsk. Gos. Tekh. Univ.*, 2019, no. 48, pp. 6–17. doi: 10.17217/2079-0333-2019-48-6-17

**Klochkova, N.G.,** *Flora vodorosley-makrofitov Tatarskogo proliva i osobennosti yeye formirovaniya* (Flora of algae-macrophytes of the Tatar Strait and features of its formation), Vladivostok: Dal'nauka, 1996.

**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.

**Lukin, V.I. and Fadeev, V.I.**, Specifics of planning hydrobiological works in waterbodies of large extent, *Podvodnye gidrobiologicheskiye issledovaniya* (Underwater Hydrobiological Research), Vladivostok: Dal'nevost. Nauchn. Tsentr, Akad. Nauk SSSR, 1982, pp. 13–20.

**Mirkin B.M. and Naumova, L.G.**, Braun-Blanquet method of vegetation classification in Russia, *Zh. Obshch. Biol.*, 2009, vol. 70, no. 1, pp. 66–77.

**Polyakov, A.V.**, *KartMaster 4.1. Postroyeniye i analiz kart raspredeleniya zapasa* (CartMaster 4.1. Construction and analysis of stock distribution maps), Moscow: VNIRO, 2008.

**Reznik, A.D.**, *Kniga dlya tekh, kto ne lyubit statistiku, no vyunuzhden yeyu pol'zovat'sya* (A book for those who do not like statistics, but are forced to use it), St. Petersburg: Rech', 2008.

**Ruposov, V.**, Methods to determine a number of experts, *Vestn. Irkutsk. Gos. Tekh. Univ.*, 2015, no. 3(98), pp. 286–292.

**Sidorenko, E.V.**, *Metody matematicheskoy obrabotki v psikhologii* (Methods of mathematical processing in psychology), St. Petersburg: Rech', 2003.

**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.

**Carpenter, D.E., Luczkovich, J.J., Kenworthy, W.J., Eggleston, D.B., and Plaia, G.R.**, Development of a performance-based submerged aquatic vegetation monitoring and outreach program for North Carolina, *Project Dates: May 1, 2009 to September 21, 2012, 2012*. <https://files.nc.gov/apnep/documents/files/committees/SAVMonitoringAPNEPtoCRFLFinal21Sep12.pdf>

**Madsen, J.D. and Bloomfield, J.A.**, Aquatic vegetation quantification symposium: An overview, *Lake Reserv. Manage.*, 1993, vol. 7, pp. 137–140.

**Madsen, J.D. and Wersal, R.M.**, A review of aquatic plant monitoring and assessment methods, *J. Aquat. Plant Manage.*, 2017, vol. 55, pp. 1–12.

**Popper, K.**, *The logic of scientific discovery*, L. and N.Y.: Routledge, 2002.

**Sales, M.V.**, Cystoseira-dominated assemblages from sheltered areas in the Mediterranean sea: diversity, distribution and effect of pollution, *Ph.D. Thesis*, Blanes, 2010.

**Sameoto, J.A., Lawton, P., and Strong, M.B.**, *An approach to the development of a relational database and GIS applicable scheme for the analysis of video-based surveys of benthic habitats*, St. Andrews: Fisheries and Oceans Canada Biological Station, 2008.

**Sheehan, E., Rodriguez-Rodriguez, D., Foster, N., Nancollas, S., Cousens, S., Holmes L., Attrill, M., Pettifer, E., Jones, I., Vaz, S., Facq, J.-V., and Germain, G.**, *A comparative study of towed underwater video methodology to monitor benthic habitats in Marine Protected Areas*, Ifremer, Sussex IFCA and Marine Institute for the Protected Area Network Across the Channel Ecosystem (PANACHE) project. INTERREG programme, 2014. [https://www.panache.eu.com/upload/iedit/12/pj/2145\\_5698\\_WP2ENcomparative\\_study\\_of\\_towed\\_underwater\\_video.pdf](https://www.panache.eu.com/upload/iedit/12/pj/2145_5698_WP2ENcomparative_study_of_towed_underwater_video.pdf)

**Hammer, Ø.**, *PAST: Paleontological statistics. Version 3.25. Reference manual*, Oslo: Natural History Museum. Univ. of Oslo, 1999–2019.

Поступила в редакцию 25.05.2020 г.

После доработки 19.08.2020 г.

Принята к публикации 20.08.2020 г.