

УДК 664.86.014:543(265.53)

Н.М. Аминина<sup>1</sup>, Т.И. Вишневская<sup>1</sup>, Д.А. Галанин<sup>2</sup>, А.Р. Репникова<sup>2</sup>,  
О.Н. Гурулёва<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,  
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4;

<sup>2</sup> Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства  
и океанографии, 693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196

### ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМЫСЛОВЫХ ЗАПАСОВ САХАРИНЫ ЯПОНСКОЙ В ЗАЛИВЕ АНИВА (ОХОТСКОЕ МОРЕ)

Приведены данные по запасам сахарины японской в зал. Анива (побережье о. Сахалин, Охотское море). Определены морфометрические показатели и химический состав водорослей в различных районах залива. Показано, что максимальную плотность (8,9 экз./м<sup>2</sup>) и удельную биомассу (4,7 кг/м<sup>2</sup>) образуют заросли в кутовой части залива (пос. 3 Падь — пос. Озерский). Установлено, что водоросли на данном участке имеют минимальные морфометрические показатели (длина, толщина, масса) и накапливают максимальное количество металлов и токсичных элементов.

**Ключевые слова:** сахарина японская, промысловые запасы, морфометрические показатели, химический состав, токсичные элементы.

**Aminina N.M., Vishnevskaya T.I., Galanin D.A., Repnikova A.R., Guruleva O.N.**  
Description of *Saccharina japonica* commercial stock in the Aniva Bay (Okhotsk Sea) // Izv. TINRO. — 2014. — Vol. 178. — P. 116–123.

Stock of *Saccharina japonica* in the Aniva Bay (Okhotsk Sea coast of Sakhalin Island) was surveyed by divers in 2010 and assessed with the squares method. The total stock decreased slightly as compared with the previous year (from 47,800 to 43,560 t) but the commercial stock became higher (42,410 t in 2010 against 40,900 t in 2009). The area of traditional harvesting (7.52 km<sup>2</sup>) was > 80 % covered by the two-years-old algae with total biomass 35,120 t, their highest density (8.9 ind./m<sup>2</sup>, 4.7 kg/m<sup>2</sup>) was observed in the internal part of the bay. However, the algae in this area had the minimal size parameters (length, thickness, weight), whereas the largest thalli with length 309.7 cm, width 24.2 cm, thickness in the middle strip 3.1 mm, and weight 978.6 g were registered in the external part of the bay. Besides, the algae of the internal part accumulated in their tissues more metals and toxic elements, as calcium, copper, potassium, iron, manganese, zinc, arsenic, lead, and cadmium. The arsenic content in the samples from the

---

\* Аминина Наталья Михайловна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией, e-mail: aminina@tinro.ru; Вишневская Татьяна Ивановна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: vishnevskaya@tinro.ru; Галанин Дмитрий Александрович, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией, e-mail: dgalanin@sakhniro.ru; Репникова Анна Робертовна, младший научный сотрудник, e-mail: repnikova@sakhniro.ru; Гурулёва Ольга Николаевна, кандидат технических наук, научный сотрудник, e-mail: guruleva@tinro.ru.

Aminina Natalia M., Ph.D., head of laboratory, e-mail: aminina@tinro.ru; Vishnevskaya Tatiana I., Ph.D., senior researcher, e-mail: vishnevskaya@tinro.ru; Galanin Dmitry A., Ph.D., head of laboratory, e-mail: dgalanin@sakhniro.ru; Repnikova Anna R., junior researcher, e-mail: repnikova@sakhniro.ru; Guruleva Olga N., Ph.D., researcher, e-mail: guruleva@tinro.ru.

internal part varied in the range 0.94–26.60 mg/kg, the highest value was in 5.3 times higher than the maximum permissible level, following to Sanitary Rules and Norms 3.2.1078-01. The content of lead and cadmium did not exceed the established norms, even in the top of the Bay.

**Key words:** *Saccharina japonica*, commercial stock, morphometric index, chemical composition, toxic element.

## Введение

Мелководная зона шельфа Сахалина считается важным промысловым районом российского Дальнего Востока, в том числе и по морским водорослям. В зал. Анива промысловым видом является *Saccharina japonica*, ее плотные монодоминантные заросли расположены на участках от мыса Крильон до р. Кура и от р. Пластунка до р. Аракуль, у восточного побережья имеются небольшие локальные поля (Балконская, Чумаков, 2005). В отсутствии резких колебаний гидрологических условий в заливе состояние промыслового запаса ламинарии (сахарины) на протяжении ряда лет (1998–2003) оставалось стабильным (Балконская, Чумаков, 2005).

Традиционным районом промысла считается часть залива, где расположены г. Корсаков и ряд поселков (между р. Пластунка и р. Аракуль). Высокие концентрации загрязняющих веществ антропогенного происхождения в прибрежных водах могут оказывать негативное воздействие на гидробионты, в том числе и на макрофиты (Березовская, 2005; Гусарова и др., 2005; Нигматулина и др., 2011). В настоящее время около пос. Пригородного построен газоперерабатывающий завод (в 2005 г. введен в эксплуатацию). В результате широкомасштабных работ по добыче и транспортировке углеводородов увеличилась угроза загрязнения морской биоты залива. В таких условиях постоянный мониторинг состояния запасов промысловых водорослей по биологическим и химическим показателям помогает оценить степень воздействия загрязнений на окружающую среду, в частности на гидробионты, обитающие в ней. С этой целью в 2010 г. была проведена оценка биомассы промысловых зарослей сахарины японской, определены морфологические характеристики водорослей в разных районах зал. Анива, проанализирован химический состав исследуемых водорослей.

## Материалы и методы

Основным материалом для данной работы послужили сборы бурой водоросли семейства ламинариевых (*Laminariales*) — сахарины японской (*Saccharina japonica*), доминирующей в макрофитоценозах зал. Анива (о. Сахалин, Охотское море) (рис. 1).

Сбор материала осуществляли с 23 июня по 7 июля 2010 г. водолазным способом в сублиторальной зоне залива (рис. 1). Расчеты запасов водорослей осуществляли методом площадей (Аксютина, 1968; Изучение экосистем ..., 2005\*).

Заготовку водорослей проводили в условиях экспедиции путем естественной сушки на открытом воздухе. Для проведения химических анализов слоевища водорослей были измельчены до кусочков размером 0,1–0,5 мм, подготовлена средняя проба, которая хранилась в темной банке с притертой пробкой.

Образцы водорослей исследовали на содержание золы, йода стандартными методами (ГОСТ 26185-84). Содержание альгиновой кислоты определяли титриметрическим методом (Методы определения ..., 1991). Общее содержание азота (N) в сырье устанавливали по методу Кьельдаля на приборе «Kjeltec auto» 10 SO Analyzer (Tecator, Япония). Количество фукозы в водорослях определяли спектрофотометрически по цветной реакции фукозы с L-цистеином и серной кислотой (Dische, Shettles, 1948; Усов и др., 2001).

Содержание макро- и микроэлементов в водорослях определяли на пламенно-эмиссионном спектрофотометре «Nippon Jarrell Ash», модель AA-855; As и Cd — в

---

\* Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработка: методы ландшафтных исследований и оценка запасов донных беспозвоночных и водорослей морской прибрежной зоны. М.: ВНИРО, 2005. Вып. 3. 135 с.

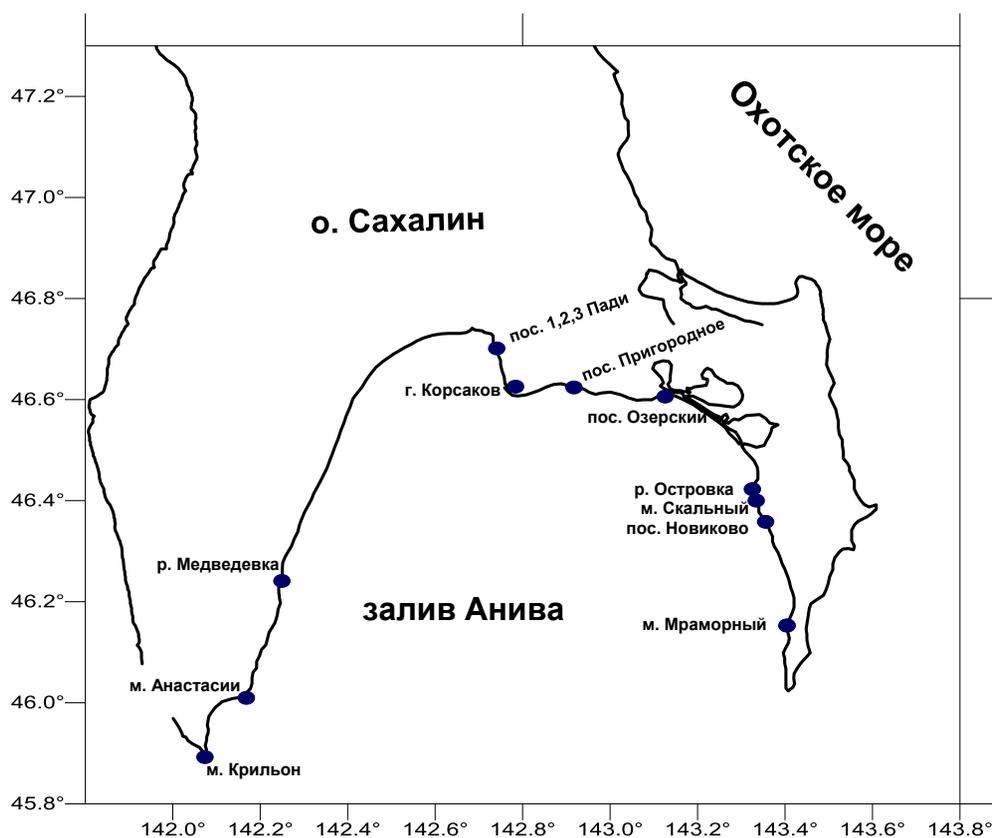


Рис. 1. Карта-схема района добычи *S. japonica* в зал. Анива (Охотское море)  
 Fig. 1. Area of *Saccharina japonica* harvesting in the Aniva Bay

графитовой кювете на атомно-абсорбционном спектрофотометре Shimadzu AA-6800. Подготовку проб для анализа проводили согласно Методическим рекомендациям ... (1987).

### Результаты и их обсуждение

Традиционным районом промысла *Saccharina japonica* в зал. Анива считается район от пос. 3 Падь до мыса Мраморного. В 2010 г. общая площадь зарослей сахарины японской на участке пос. 3 Падь — пос. Озерский составила 15,25 км<sup>2</sup>, из них 7,52 км<sup>2</sup> были заняты промысловыми (второгодними) растениями и 7,73 км<sup>2</sup> — непромысловыми (первогодними) (табл. 1).

На участке р. Островка — пос. Новиково в 2010 г. половину площади зарослей (5,42 км<sup>2</sup>) также занимали второгодние растения (2,79 км<sup>2</sup>). В районе мыса Мраморного промысловые водоросли занимали две трети площади.

Таким образом, на всех промысловых участках залива Анива в 2010 г. растения второго года жизни занимали половину площади или преобладали над однолетними водорослями.

Общий запас *S. japonica* на участке пос. 3 Падь — пос. Озерский определен в 35,28 тыс. т, из них 35,12 тыс. т составляют промысловые (двухлетние) водоросли со средней плотностью 8,9 экз./м<sup>2</sup> и удельной биомассой 4,7 кг/м<sup>2</sup> (табл. 1). Плотность в промысловых зарослях на участке р. Островка — пос. Новиково значительно меньше, чем на предыдущем участке (табл. 1). Общий запас сахарины японской здесь составил 4,66 тыс. т, из них основная часть — промысловый запас и только 0,01 тыс. т относится к однолетним водорослям. Общий запас сахарины японской в районе мыса Мраморного составляет 2,55 тыс. т. Плотность и удельная масса второгодних водорослей здесь на таком же уровне, как и на участке р. Островка — пос. Новиково (табл. 1).

Характеристики промысловых (второгодних) зарослей *S. japonica* в зал. Анива

Table 1

Description of the harvesting grounds of two-years-old *Saccharina japonica* in the Aniva Bay

Район	Плотность, экз./м <sup>2</sup>	Средняя удельная биомасса, кг/м <sup>2</sup>	Площадь зарослей, км <sup>2</sup>	Запас, тыс. т
Пос. 3 Падь — пос. Озерский	<u>1,0–20,0</u> 8,9	<u>0,04–12,30</u> 4,7	7,52	35,12
Р. Островка — пос. Новиково	<u>0,04–9,0</u> 3,9	<u>0,001–5,90</u> 1,7	2,79	4,66
Мыс Мраморный	<u>0,18–10,0</u> 4,67	<u>0,001–4,70</u> 1,7	1,0	2,47
Всего по традиционному району			11,31	42,25
Р. Медведка — мыс Крильон (потенциальный район)	<u>0,2–10,0</u> 0,5	<u>0,001–3,20</u> 0,04	3,96	0,16
Всего			15,27	42,41

*Примечание.* Здесь и в табл. 2 над чертой — минимальное и максимальное значения, под чертой — среднее.

Следовательно, основные запасы *S. japonica* сосредоточены на участке пос. 3 Падь — пос. Озерский и составляют 83 % промыслового запаса в районе от пос. 3 Падь до мыса Мраморного.

Западная часть зал. Анива от р. Медведка до мыса Крильон в настоящее время относится к потенциальному району промысла. *S. japonica* здесь образует пояс шириной от 5 до 350 м на глубине от 0,5 до 9,0–12,0 м. Исключение составляет побережье бухты Морж, где преобладает песчаный грунт и отсутствуют водоросли. Проективное покрытие дна водорослями варьирует от 70 до 100 %, в среднем составляя 80 %. Монодоминантные заросли сахарины японской находятся на глубине от 2 до 5 м, глубже и ближе к берегу они сменяются смешанными зарослями, образованными *S. japonica*, *Saccharina cichorioides* и водорослями рода *Alaria*.

Общая масса сахарины японской на участке от р. Медведка до мыса Крильон составила 1,06 тыс. т, причем здесь преобладают однолетние водоросли — 0,9 тыс. т. Площадь, занятая второгодними растениями, составила 3,96 км<sup>2</sup>. Плотность произрастания слоевищ насчитывала 0,5 экз./м<sup>2</sup>, удельная биомасса — 0,04 кг/м<sup>2</sup> (табл. 1).

Таким образом, в целом по зал. Анива промысловый запас *S. japonica* увеличился с 40,90 в 2009 г. (Евсеева, Репникова, 2010) до 42,41 тыс. т в 2010 г., при этом объем однолетних водорослей уменьшился с 6,90 в 2009 г. до 1,15 тыс. т в 2010 г. Эти изменения совпадают с известной закономерностью чередования зарослей по годам в прибрежных районах Приморского края: увеличение биомассы двулетних водорослей в четные года и однолетних — в нечетные (Кулепанов, 2005).

Морфометрические показатели второгодних растений в 2010 г. отличались в разных участках зал. Анива (табл. 2). Максимальная длина, ширина и масса слоевищ обнаружена в районе р. Островка — пос. Новиково. В среднем длина слоевища составляла 309,7 см, ширина — 24,2 см, толщина срединной полосы — 3,1 мм, масса — 978,6 г (табл. 2).

Морфометрические показатели второгодней *S. japonica* в зал. Анива

Table 2

Morphometric indices of two-years-old *Saccharina japonica* in the Aniva Bay

Район	Длина слоевища, см	Ширина слоевища, см	Толщина срединной полосы, мм	Масса, г
Пос. 3 Падь — пос. Озерский	<u>36,0–368,0</u> 142,4	<u>9,5–41,0</u> 22,2	<u>2,2–5,4</u> 3,5	<u>100,0–1400,0</u> 494,6
Р. Островка — пос. Новиково	<u>181,0–476,0</u> 309,7	<u>20,5–32,0</u> 24,2	<u>2,4–3,7</u> 3,1	<u>640,0–1460,0</u> 978,6
Мыс Мраморный	<u>135,0–387,0</u> 268,6	<u>10,0–48,0</u> 24,1	<u>2,2–4,2</u> 3,2	<u>220,0–1600,0</u> 786,7

Минимальные морфометрические показатели обнаружены у водорослей на участке пос. 3 Падь — пос. Озерский: длина в среднем составляла 142,4 см, ширина — 22,2 см, масса — 494,6 г (табл. 2). Морфометрические показатели слоевищ сахарины японской на участке мыса Мраморного находятся на промежуточном положении: длина в среднем составила 268,6 см, ширина — 24,1 см, толщина — 3,2 мм, масса — 786,7 г (табл. 2).

Таким образом, в зал. Анива максимальную плотность и удельную биомассу зарослей образуют двулетние водоросли на участке пос. 3 Падь — пос. Озерский. Соответственно для этих водорослей характерны минимальные морфометрические показатели — длина, ширина и масса слоевищ.

Химический состав *S. japonica* также меняется в зависимости от района сбора образцов водорослей (табл. 3).

Таблица 3

Химический состав *S. japonica* в зал. Анива, % сухого вещества

Table 3

Chemical composition of *S. japonica* from the Aniva Bay, % of dry matter

Район	Место сбора образца	Минеральные вещества	Альгиновая кислота	Белок, Nx6,25	Фукоидан	Йод
Пос. 3 Падь — пос. Озерский	Пос. 3 Падь	25,9	22,2	10,8	0,87	0,18
	Пос. Пригородное	20,1	30,5	7,0	1,74	0,19
Р. Островка — пос. Новиково	Мыс Скальный	26,9	25,9	8,8	1,16	0,47
Мыс Мраморный	Мыс Мраморный	24,3	22,9	11,9	0,54	0,52
Р. Медведевка — мыс Крильон	Мыс Анастасии	28,8	32,1	9,8	1,38	0,10

Максимальная концентрация полисахаридов обнаружена в водорослях из районов мыса Скального, мыса Анастасии и пос. Пригородного. У сахарины японской из акватории мыса Мраморного и пос. 3 Падь содержание альгиновой кислоты (22,9 и 22,2 %) и фукоидана (0,54 и 0,87 %) ниже, при этом количество белка в них (соответственно 11,9 и 10,8 %) выше, чем в водорослях (7,0–10,8 %) из вышеупомянутых трех районов. Эти закономерности соответствуют известному факту о накоплении в летние месяцы в сахарине японской полисахаридов и одновременном снижении в ней количества белка (Аминина, Подкорытова, 1992). Уменьшение концентрации белка в водорослях сопровождается также уменьшением количества минеральных веществ. Трудно говорить о каких-то взаимосвязях при анализе водорослей из разных мест обитания, но в районе пос. Пригородного в сахарине японской определено минимальное количество минеральных веществ и белка. С условиями произрастания водорослей, вероятно, связан значительный разброс данных по количеству накопленного ими йода — от 0,10 до 0,52 %.

В составе минеральных веществ исследованных водорослей обнаружено 8 основных биогенных макро- и микроэлементов, содержание которых зависит от места произрастания макрофитов. При этом преобладающим элементом в сахарине японской из всех исследованных акваторий является калий. Наибольшее количество макроэлементов (натрия, калия, магния) накапливается в водорослях из акватории пос. 3 Падь. В этом районе водоросли накапливают и больше всего микроэлементов: железа, марганца и цинка. Максимальное содержание кальция (13764,0 мг/кг) и меди (4,97 мг/кг) аккумулируется в водорослях, добытых в районе пос. Пригородного (табл. 4).

Одним из критериев безопасности района промысла является оценка сахарины японской по уровню содержания в ней токсичных металлов (СанПиН 2.3.2.1078-01). Результаты исследований содержания мышьяка, свинца и кадмия в водорослях из различных мест произрастания показаны на рис. 2. Установлено, что ряд убывания концентрации токсичных металлов в талломе водорослей, независимо от района сбора образцов, выглядит следующим образом: As > Pb > Cd. Количество кадмия во всех образцах водорослей практически на порядок меньше нормы, определенной СанПиН 2.3.2.1078-01 (не более 1 мг/кг сырой водоросли). Концентрация свинца также не

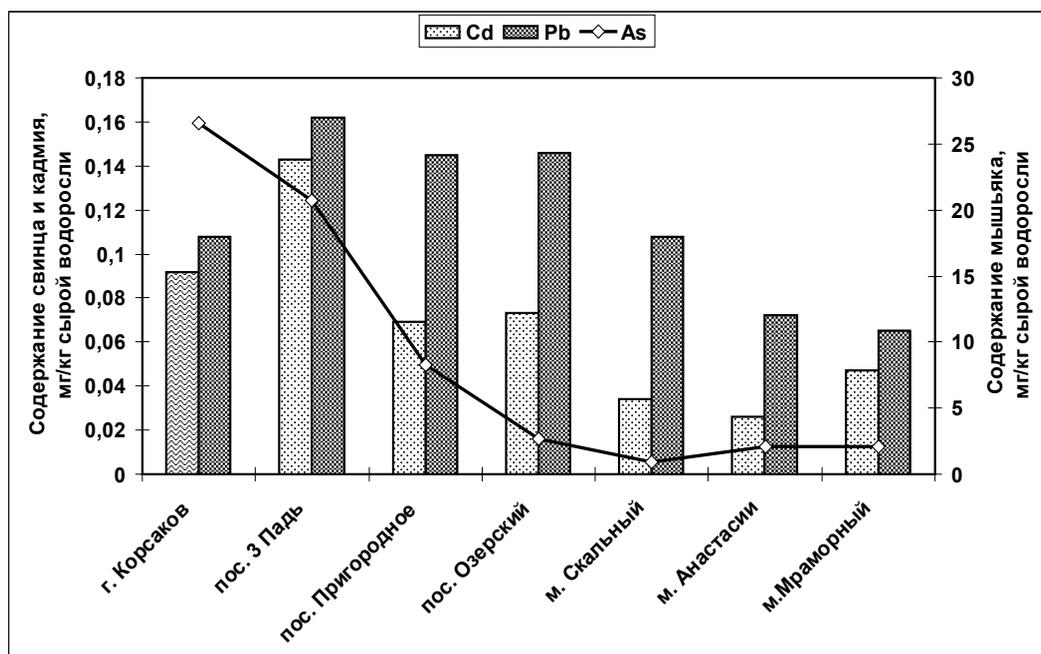
Таблица 4

Макро- и микроэлементный состав *S. japonica* в зал. Анива, мг/кг сухого вещества

Table 4

Macro- and microelement composition of *Saccharina japonica* from the Aniva Bay, mg/kg of dry matter

Район добычи	Ca	Na	K	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Пос. 3 Падь	9980	19960	104790	8730	668,7	29,94	2,50	22,50
Мыс Анастасии	7980	14970	37430	5500	219,6	14,97	2,50	17,40
Пос. Пригородное	13764	13271	20375	2477	174,1	19,80	4,97	19,90
Мыс Мраморный	8442	12264	19981	2429	89,8	14,90	2,50	12,48

Рис. 2. Содержание свинца, кадмия и мышьяка в *S. japonica* из зал. АниваFig. 2. Content of lead, cadmium, and arsenic in tissues of *S. japonica* from the Aniva Bay

превышает установленных норм (не более 0,5 мг/кг сырой водоросли) и колеблется в пределах 0,026–0,143 мг/кг.

Содержание мышьяка в образцах варьирует в интервале 0,94–26,60 мг/кг. Его концентрация в 1,5–4,0 раза превышает предельную норму (не более 5,0 мг/кг сырой водоросли) в водорослях из прибрежных вод г. Корсаков, пос. 3 Падь, пос. Пригородного (рис. 2). Наибольшее содержание мышьяка (26,600 мг/кг) отмечено в водорослях из района около г. Корсаков, свинца (0,162 мг/кг) и кадмия (0,143 мг/кг) — около пос. 3 Падь, что подтверждает наше предположение об антропогенной загрязненности этих акваторий.

Продуктивность фитобентоса, в том числе и макрофитов в прибрежной зоне, определяется доступностью биогенных элементов. При этом скорость фотосинтеза и роста растений зависит от внутренней концентрации биогенных элементов, особенно азота и фосфора, в большей степени, чем от их концентрации в воде (Charman, Craigie, 1977). Скорость биосинтеза регулируется с участием микроэлементов, таких как марганец, медь, цинк, молибден и др. До определенного предела макрофиты способны регулировать содержание в талломах элементов, имеющих физиологические функции (Тропинин, 1992). Однако для каждого вида водорослей существует некий предел, после которого поступившие в организм металлы угнетают жизнедеятельность водоросли, нарушают физиологические процессы. Избыточное количество тяжелых металлов приводит к уменьшению размеров пластины и массы слоевищ, а также к другим структурно-функциональным изменениям (Шапошникова и др., 2009). При этом меняются не только морфометрические показатели водорослей, но и их химиче-

ский состав, в частности уменьшается концентрация полисахаридов и йода (Aminina, Shaposhnikova, 2012).

При анализе элементного состава сахарины японской выявлено, что больше всего металлов накапливается водорослями в районе пос. 3 Падь. Около пос. Пригородного водоросли содержат высокие концентрации кальция, меди, цинка, марганца. В прибрежных водах г. Корсаков установлена самая высокая концентрация мышьяка. Взаимосвязи между повышенной концентрацией этих элементов и количеством полисахаридов в водорослях не установлено. На участке пос. 3 Падь — пос. Озерский определена самая высокая плотность водорослей (8,9 экз./м<sup>2</sup>) с высокой удельной биомассой (4,7 кг/м<sup>2</sup>), но с самыми низкими морфометрическими показателями — длиной, шириной, массой.

По данным 1998–2003 гг. на участке пос. 3 Падь — пос. Озерский удельная биомасса промысловых водорослей составляла в среднем около 6–7 кг/м<sup>2</sup> (Балконская, Чумаков, 2005). При этом масса двулетних водорослей в среднем была 1400 г, длина и ширина слоевищ — соответственно 222,5 и 33,5 см. Эти показатели в среднем превышают от 3,0 до 1,5 раза морфометрические показатели двулетних водорослей, исследованных нами в 2010 г. Соответственно и плотность водорослей 1998–2003 гг. была ниже (около 5 экз./м<sup>2</sup>), чем в последние годы. Связано ли это с увеличением антропогенного воздействия на исследованный район обитания *S. japonica* или является последствием изменений условий обитания, например температуры воды в летние месяцы, покажут дальнейшие исследования.

### Выводы

На основании данных водолазной учетной съемки было установлено, что по сравнению с 2009 г. общий запас *S. japonica* по зал. Анива уменьшился с 47,80 до 43,56 тыс. т в 2010 г., при этом промысловый запас увеличился с 40,90 до 42,41 тыс. т.

Наибольшие запас (35,12 тыс. т), средняя плотность (8,9 экз./м<sup>2</sup>) и средняя удельная биомасса (4,7 кг/м<sup>2</sup>) водорослей отмечены на участке пос. 3 Падь — пос. Озерский. В то же время здесь водоросли имеют минимальную длину, ширину, массу, максимальные же морфометрические параметры определены у промысловых водорослей в районе р. Островка — пос. Новиково.

Содержание органических веществ варьирует в зависимости от района произрастания. Какой-либо взаимосвязи между их количеством и остальными показателями обнаружено не было. Количество полисахаридов (альгиновой кислоты и фукоидана) превалирует в водорослях из акваторий мыса Анастасии и пос. Пригородного, а у *S. japonica* из прибрежных вод мыса Мраморного и пос. 3 Падь накоплено много белка.

Минеральных элементов больше всего накапливается водорослями в кутовой части зал. Анива: кальция и меди — в водорослях из района пос. Пригородного; калия, железа, марганца, цинка, свинца и кадмия — в образцах из акватории пос. 3 Падь. В этих же районах отмечено превышение предельно допустимого уровня мышьяка — в 1,5–4,0 раза по сравнению с нормой, установленной СанПиН 2.3.2.1078-01. Вероятно, высокие концентрации этих элементов в водорослях определяются уровнем антропогенного воздействия на кутовую часть зал. Анива.

### Список литературы

**Аксютин З.М.** Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях : монография. — М. : Пищ. пром-сть, 1968. — 288 с.

**Аминина Н.М., Подкорытова А.В.** Сезонная динамика химического состава *Laminaria japonica*, культивируемой у берегов Приморья // Растительные ресурсы. — 1992. — Т. 28, вып. 3. — С. 137–140.

**Балконская Л.А., Чумаков А.А.** Современное состояние *Laminaria japonica* Aresch в традиционных районах промысла у берегов Южного Сахалина // Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки : тез. докл. 2-й междунар. науч.-практ. конф. — М. : ВНИРО, 2005. — С. 13–16.

**Березовская В.А.** Устойчивость водорослей-макрофитов прибрежных вод Камчатки к антропогенному загрязнению // Рыб. хоз-во. — 2005. — № 1. — С. 54–55.

**Гусарова И.С., Иванова Н.В., Шапошникова Т.В.** Адаптивные реакции ламинарии японской (*Laminaria japonica* Aresch.) к условиям хронического загрязнения среды тяжелыми металлами // Изв. ТИНРО. — 2005. — Т. 143. — С. 140–148.

**Евсеева Н.В., Репникова А.Р.** Ресурсы промысловых водорослей Сахалино-Курильского региона // Рыбпром. — 2010. — № 3. — С. 14–21.

**Кулепанов В.Н.** Исследования макрофитобентоса у побережья Приморья // Изв. ТИНРО. — 2005. — Т. 141. — С. 355–364.

**Методические рекомендации по подготовке проб объектов внешней среды и рыбной продукции к атомно-абсорбционному определению токсичных металлов** / сост. Л.Т. Ковковдова, Л.Н. Лучшева. — Владивосток : ТИНРО, 1987. — 14 с.

**Методы определения содержания альгиновой кислоты и соотношения в ней урановых кислот** : методические рекомендации / сост. Н.М. Аминина, А.В. Подкорытова. — Владивосток : ТИНРО, 1991. — 16 с.

**Нигматулина Л.В., Кикю Д.П., Черняев А.П.** Оценка воздействия антропогенной деятельности на залив Находка (залив Петра Великого, Японское море) // Изв. ТИНРО. — 2011. — Т. 166. — С. 219–230.

**Тропинин И.В.** Экологические и биохимические аспекты аккумуляции некоторых тяжелых металлов морскими макроводорослями : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 1992. — 20 с.

**Усов А.И., Смирнова Г.П., Клочкова Н.Г.** Полисахаридный состав некоторых бурых водорослей Камчатки // Биоорг. химия. — 2001. — Т. 27, № 6. — С. 444–448.

**Шапошникова Т.В., Иванова Н.В., Ковковдова Л.Т.** Морфология, анатомическое строение пластины и структура репродуктивного слоя в условиях постоянного загрязнения среды тяжелыми металлами // Растительные ресурсы. — 2009. — Т. 45. — С. 27–37.

**Aminina N.M., Shaposhnikova T.V.** Peculiarities of Growth and Metabolism in Japanese Kelp in Habitats Exposed to Chronic Contamination // Research in Plant Biology. — 2012. — Vol. 2(1). — P. 32–40 ([www.resplantbiol.com](http://www.resplantbiol.com)).

**Chapman A.R.O., Craigie J.S.** Seasonal growth in *Laminaria longicurvis*: relation with dissolved inorganic nutrients and internal reserved of nitrogen // Mar. Biol. — 1977. — Vol. 40. — P. 197–205.

**Dische Z., Shettles L.B.** A specific color reaction of methylpentoses and a spectrophotometric micromethod for their determination // J. Biol. Chem. — 1948. — Vol. 175. — P. 595–603.

*Поступила в редакцию 25.03.14 г.*