

Технология переработки  
водных биоресурсов

УДК 582.272.7:664.951

Химический состав бурых водорослей Чёрного моря:  
род *Cystoseira*, перспектива их использования

А.В. Подкорытова, Л.Х. Вафина

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО); E-mail: vniro@vniro.ru

Представлены данные по безопасности и качеству бурых водорослей (*Cystoseira crinita* и *C. barbata*), собранных в различных районах российского побережья Чёрного моря (п. Джубга, Судакский залив, п. Шепси, Голубая бухта № 1 и № 2). Результаты исследований показали, что водоросли, собранные в исследуемых зонах, по показателям безопасности не соответствуют требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01 по общей обсеменённости, содержанию свинца и ртути. Это свидетельствует о неблагоприятной экологии данных районов, и при использовании сырья необходимо проводить его предварительную обработку с целью детоксикации. Разработаны условия предобработки сырья. Результаты показали, что эти водоросли являются перспективным сырьём для комплексной переработки и получения биологически активных компонентов и биотоплива. Разработана перспективная технологическая схема комплексной переработки цистозир Чёрного моря.

**Ключевые слова:** бурые водоросли, фукусы, цистозира, предобработка сырья, безопасность и качество, санитарно-гигиеническая оценка водорослей, экология Чёрного моря.

**ВВЕДЕНИЕ.** Морские бурые водоросли *Cystoseira crinita* Vory и *Cystoseira barbata* (Good. et Wood.) Ag, являются главными компонентами прибрежного фитоценоза и основными источниками органического вещества в северо-восточном регионе Чёрного моря. Эти два вида цистозир занимают сублитораль и в настоящее время являются единственным промысловым видом макрофитов Чёрного моря, используемым для получения йод- и альгинатсодержащих препаратов, в косметологии, при изготовлении кормовых продуктов. В связи с этим ежегодно уточняются объёмы запаса этих водорослей у российских берегов Чёрного моря. Результаты исследований показали сокращение их запасов за последние годы более чем в 10 раз: от 1 млн т до 100 тыс. т при отсутствии промысловых нагрузок [Сабурин, 2004].

Промысловый запас цистозир в Чёрном море при благоприятных экологических условиях в настоящее время прогнозируется на уровне 100 тыс. т. В соответствии с прогнозом возможного вылова (ВВ) на 2013 г., без ущерба для запасов цистозир у российского побережья Чёрного моря добывать эти водоросли рекомендуется в объёме 10 тыс. т.

Морские водоросли, в том числе цистозира, благодаря уникальному химическому составу являются перспективным сырьём для переработки. Однако добыча водорослей в прибрежных зонах, особенно с хорошо развитой инфраструктурой побережья, должна сопровождаться систематическим мониторингом их санитарно-гигиенического состояния. Эти данные, с одной стороны, позволяют определить безопасность водорослевого сырья, с другой — оценить уро-

вень загрязнённости прибрежных вод Чёрного моря и охарактеризовать состояние среды.

Кроме того, что бурые водоросли являются источником уникальных химических и биологически активных веществ, некоторые из них способны адсорбировать тяжелые металлы и другие токсиканты. Качество и безопасность продуктов, получаемых из водорослей, напрямую зависят от таковых показателей сырья. Понятно, что антропогенное воздействие на окружающую среду всё увеличивается, и это может привести к недостатку качественного сырья для производства продукции. Химический и санитарно-гигиенический скрининг объектов прибрежного водорослевого промысла позволяет получать данные о безопасности водорослей, что определяет направления их использования.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ.** В качестве объектов исследований использовали бурые водоросли *C. crinita* и *C. barbata*, собранные в прибрежной зоне Чёрного моря в июне—июле 2007 г. сотрудником лаборатории прибрежных исследований ФГУП «ВНИРО» Вилковой О.Ю.

Исследования химического состава проводили с применением стандартных методов по ГОСТ 26185-84; определение содержания ртути — на приборе «Юлия-2» по методическим указаниям МУ 5178-90 и ГОСТ 26927; определение массовой доли свинца и кадмия —

атомно-абсорбционным методом на анализаторе «Спектр-5» в пламени воздух—пропан по ГОСТ 30178-96; массовую долю мышьяка определяли по ГОСТ 26930; общее содержание азотистых веществ — по методу Къельдаля с применением автоазотоанализатора шведской фирмы FOSS Analytical AB, модель FOSS 2300; содержание альгинатов — спектрофотометрическим методом [Усов и др., 2001; Dische et al., 1948; Usov et al., 1995]; моносахаридный состав методом ГЖХ после полного кислотного гидролиза на хроматографе Hewlett-Packard 5890A [Слонкер, 1975]. Исследования микробиологических характеристик воздушно-сухих водорослей были произведены по показателям КМАФАнМ, БГКП (колиформы), патогенные микроорганизмы, в т.ч. *Salmonella*, плесени и дрожжи. Показатель КМАФАнМ проводили по ГОСТ 10444.15-94, БГКП (колиформы) по ГОСТ 30518-97, патогенные микроорганизмы, в т.ч. *Salmonella* — по ГОСТ 30519-97, а плесени и дрожжи — по ГОСТ 10444.12-88.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ.** Результаты исследований микробиологических показателей *C. crinita* и *C. barbata* различных районов произрастания представлены в табл. 1.

Результаты показали, что водоросли, собранные в исследуемых зонах, по показателю

**Таблица 1.** Микробиологические характеристики цистозир

Место и глубина сбора образцов	Исследуемые показатели				
	КМАФАнМ, КОЕ/г	В каком количестве не обнаружены			Дрожжи и плесени не более, КОЕ/г
		БГКП	<i>Staphylococcus aureus</i>	Патогенные в т.ч. <i>Salmonella</i> и <i>L. monocit</i>	
<i>Cystoseira crinita</i>					
Судакский залив, 1 м	1,0×10 <sup>6</sup>	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
п. Шепси, скал. гряда, 5–6 м	1,0×10 <sup>5</sup>	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
Голубая бухта № 1, 2–7 м	5,0×10 <sup>4</sup>	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
Голубая бухта № 2, 2–7 м	5,0×10 <sup>4</sup>	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
<i>Cystoseira barbata</i>					
Судакский залив, 1 м	2,0×10 <sup>5</sup>	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
п. Шепси, скал. гряда, 5–6 м	1,5×10 <sup>5</sup>	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
Голубая бухта № 1, 2–7 м	4,0×10 <sup>4</sup>	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
Голубая бухта № 2, 2–7 м	4,0×10 <sup>4</sup>	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
Нормы по СанПиН 2.3.2.1078-01	5,0×10 <sup>4</sup>	1,0	0,1	25	100

общей обсемененности либо превышают нормы (п. Джубга, Судакский залив, п. Шепси), либо находятся на высшем пределе допустимого уровня (Голубая бухта №1 и №2). Это является показателем не только неблагоприятной экологии окружающей среды, но и, вероятно, нарушения технологии предварительной обработки сырья. В связи с этим рекомендовано водоросли перед использованием в любых целях промывать подкисленной до pH 3 водой, что позволит сократить степень обсемененности и удалить другие токсиканты.

Немаловажным показателем безопасности сырья является содержание тяжелых металлов. При благоприятных экологических показателях окружающей среды тяжелые металлы в очень небольших количествах постоянно присутствуют в тканях макрофитов и поэтому относятся к микроэлементам. В общем виде убывающий ряд концентрации элементов в водорослях выглядит следующим образом: Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Ni > Co > Cd [Подкорытова, 2005]. Аккумуляция металлов водорослями, особенно бурыми, обусловлена высоким содержанием в них полисахаридов, для которых свойственны ионообменные процессы. Накопление водорослями ряда токсинов и тяжелых металлов определяется адсорбцией их из внешней среды [Возжинская, Камнев, 1994]. Уровень содержания в тканях водорослей тяжелых металлов может быть показателем контаминации ими окружающей среды.

Результаты исследований содержания токсичных элементов в испытуемых образцах водорослей представлены в табл. 2.

Из всех рассмотренных металлов ртуть является наиболее токсичным элементом [Ковалова, 2001]. Под воздействием анаэробных организмов она переходит в высокотоксичные жирорастворимые соединения — метил- и диметилртуть, которые способны концентрироваться в живых организмах и передвигаться по пищевым цепям. В концентрации 0,55 мг/л в среде обитания ртуть угнетает жизнедеятельность водорослей и вызывает их гибель, поскольку она легко связывает сульфидные группы белков, что ведёт к инактивации ферментов [Скрипник и др., 1982]. Анализ химического состава бурых макрофитов, произрастающих в прибрежной зоне Чёрного моря показал, что

содержание в них ртути не превышает нормативных показателей (не более 0,5 мг/кг) СанПиН 2.3.2.1078-01. Содержание мышьяка не превышает допустимые пределы (см. табл. 2) и во всех зонах находится на одном уровне.

Содержание свинца более чем в 10 раз превышает норму (не более 5,0 мг/кг) в соответствии с СанПиН 2.3.2.1078-01 во всех видах водорослей из всех исследуемых районов.

Таким образом, результаты исследований показали, что все места сбора исследуемых бурых водорослей в Чёрном море, указанные в табл. 1 и 2, являются неблагоприятными с экологической точки зрения, и при переработке подобного сырья нужно проводить дополнительную его обработку для удаления токсикантов.

Полученные данные позволяют выявлять участки, где можно добывать экологически чистое сырьё. Следовательно, полученные результаты можно использовать не только для оценки гигиенического состояния запасов водорослей, но и при анализе изменений экологии в районах их обитания.

Проведённые исследования химического состава бурых водорослей Чёрного моря показа-

**Таблица 2.** Содержание токсичных элементов в цистозире

Вид водоросли	Место отбора проб, глубина	Содержание токсичных элементов, мг/кг			
		кадмий	свинец	мышьяк	ртуть
<i>Cystoseira crinita</i>	Судакский залив, 1 м	0,61	10,6	0,08	0,1
	п. Шепси, скал. гряда, 5–6 м	1,19	12,38	0,1	0,08
	Голубая бухта №2, 2–7 м	0,55	4,32	0,07	0,07
<i>Cystoseira barbata</i>	Голубая бухта №1, 2–7 м	0,07	0,47	<0,1	<0,1
	Судакский залив, 1 м	0,6	8,18	0,09	0,1
Нормы по СанПиН 2.3.2.1078-2001	п. Шепси, скал. гряда, 5–6 м	1,06	11,22	0,1	0,08
	Голубая бухта № 2, 2–7 м	0,41	4,15	0,08	0,08
	Голубая бухта № 1, 2–7 м	0,07	0,5	<0,1	<0,1
Нормы по СанПиН 2.3.2.1078-2001		1,0	0,5	5,0	0,5

ли, что в составе их углеводных компонентов преобладает альгиновая кислота — структурный полисахарид, имеющий основное значение при переработке макрофитов (табл. 3).

Наибольшим содержанием этого полисахарида отличаются водоросли, собранные в Голубой бухте (№ 1 и № 2), чуть меньше — образцы из Судакского залива, остальные — содержат меньшее количество, но примерно в одном диапазоне (см. табл. 3).

Альгинаты, в составе водорослей и в выделенном состоянии, оказывают регенерирующее действие на слизистые, обладают свойствами пищевых волокон и энтеросорбентов, выводят из организма тяжёлые металлы, радионуклиды и др. токсины [Подкорытова и др., 1998а,б].

Содержание минеральных элементов в исследуемых водорослях колеблется в среднем от 20 % до 32 % (см. табл. 3). Из минеральных элементов ценными, характеризующими качество сырья и продукции из водорослей являются биогенные микро- и макроэлементы калий, магний, кальций, железо, марганец, селен и др., а особенно йод. Как показали исследования, бурые водоросли порядка *Fucales* побережья Чёрного моря содержат йода 0,007–0,008 %. Известно, что бурые водоросли являются полноценным источником биогенных минеральных

элементов, а также минеральных и органических форм йода, недостаток которого приводит к нарушению нормальной деятельности щитовидной железы и других функций организма человека [Подкорытова, Вишневская, 2003].

Исследования химического состава бурых водорослей показали, что содержание азотистых веществ в них колеблется от 4,4 до 10,1 %, что свойственно для этих видов водорослей.

Морские водоросли обладают уникальной способностью синтезировать низкомолекулярный углевод — маннит, который является их запасным веществом. В медицине и других отраслях промышленности маннит применяется к качестве эффективного диуретика. Содержание маннита в исследуемых видах водорослей колеблется от 1 до 4 % (табл. 4). Кроме того, в цистозире содержатся и другие моносахариды, такие, как фукоза, ксилоза, глюкоза и галактоза.

Исследования жирнокислотного состава липидов фукусовых водорослей (табл. 5) показали, что содержание некоторых полиненасыщенных жирных кислот семейства  $\omega 3$ , таких как эйкозапентаеновая и линоленовая, колеблется в пределах от 1,39 до 2,11 % от общего содержания липидов, что характеризует их как естественный источник этих важных элемен-

Таблица 3. Химический состав *Cystoseira crinita* и *Cystoseira barbata*, % сухого вещества

Наименование водорослей, место сбора, глубина произрастания	Содержание						
	Углеводов, в том числе:	альгиновой кислоты	фукоидана	маннита	Азотистых веществ	Минеральных веществ	Йода
<i>C. crinita</i> , разрез 3, пос. Джугба, глубина 7–8 м	69,52	16,60	8,66	5,90	7,31	23,17	0,005
<i>C. crinita</i> , прибрежный разрез 3, глубина 2–3 м	74,12	18,10	7,98	6,32	5,39	20,49	0,007
<i>C. barbata</i> , Б. Утриш	73,93	17,56	10,00	4,60	5,31	20,76	0,006
<i>C. crinita</i> , Б. Утриш	62,20	26,00	9,80	3,80	5,12	32,68	0,008
<i>C. crinita</i> , Голубая бухта № 1, глубина 2–7 м	73,70	16,8	—	6,75	8,50	17,80	0,007
<i>C. crinita</i> , Голубая бухта № 2, глубина 2–7 м	70,28	20,90	—	7,02	9,62	20,1	0,008
<i>C. crinita</i> , скал. гряды, пос. Шеп- си пр. 1, глубина 5–6 м	59,58	27,30	—	6,90	7,12	33,3	0,008
<i>C. crinita</i> , скал. гряды, пос. Шеп- си пр. 2, гл. 5–6 м	71,59	26,9	—	6,97	10,11	18,30	0,008
<i>C. crinita</i> , Судакский залив, глубина 1 м	75,08	22,10	—	7,01	7,02	17,90	0,007

**Таблица 4.** Моносахаридный состав биомассы *Cystoseira barbata* и *Cystoseira crinita*, собранных у Б. Утриша, Чёрное море, %

Вид водоросли, номер пробы, глубина произрастания	Состав биомассы				
	фруктоза	ксилоза	глюкоза	галактоза	маннит
<i>Cystoseira barbata</i>					
№ 1, гл. 5–6 м	6,1	1,8	2,1	2,2	0,9
№ 2, гл. 6 м	5,6	1,1	1,7	1,5	4,0
№ 3, гл. 6 м	5,8	1,1	1,5	1,3	2,1
№ 4, гл. 3 м	4,5	1,0	1,3	1,3	1,8
<i>Cystoseira crinita</i>					
№ 1, гл. 7 м	6,5	1,2	2,1	1,6	3,6
№ 2, гл. 8 м	4,7	1,1	1,3	1,3	1,7
№ 3, гл. 6 м	5,0	1,6	1,6	2,3	1,6
№ 4, гл. 3 м	4,0	1,6	2,2	3,3	4,0

**Таблица 5.** Жирнокислотный состав липидов фукусковых водорослей *Cystoseira* Spp. Чёрного моря

Наименование жирной кислоты	Шифр жирной кислоты	Доля содержания липидов, %
Миристиновая	14:0	7,27
Пентадекановая	15:0	0,79
Пальмитиновая	16:0	26,93
Гептадекановая	17:0	0,30
Стеариновая	18:0	0,77
Арахидиновая	20:0	0,17
Докозановая	22:0	0,00
Миристоолеиновая	14:1	0,32
Пальмитоолеиновая	16:1	3,63
Олеиновая	18:1	27,57
Эйкозаеновая	20:1	0,00
Гексадекадиеновая	16:2	0,40
Линолевая	18:2	4,61
Эйкозодиеновая	20:2	0,63
Гексадекатриеновая	16:3	0,38
Линоленовая	18:3	5,72
Эйкозатриеновая	20:3	13,68
Гексадекатетраеновая	16:4	0,28
Октадекатетраеновая	18:4	2,68
Арахидоновая	20:4	1,39

**Окончание табл. 5**

Наименование жирной кислоты	Шифр жирной кислоты	Доля содержания липидов, %
Эйкозапентаеновая	20:5	2,11
Сумма насыщенных:		36,24
Сумма мононенасыщенных:		31,86
Сумма полиненасыщенных:		31,90
Сумма эссенциальных:		11,72
Сумма:		100,00

тов, необходимых для нормального функционирования организма человека.

Бурые водоросли и продукты их переработки широко используются в народном хозяйстве. Однако при огромных запасах водорослей в прибрежных водах морей России и их ежегодном возобновлении это недоиспользуемый ресурс. Кроме того, существуют такие виды водорослей, которые очень сложны в переработке или не пригодны для использования в пищевой отрасли из-за особенностей химического состава, строения растений и санитарно-гигиенического состояния. Вероятнее всего именно такие виды можно использовать для получения альтернативных видов топлива.

В настоящее время происходит стремительное истощение мировых запасов энергоресурсов органического происхождения, приводящее к бедственному состоянию окружающей среды в целом. При этом цены на нефть и нефтепродукты значительно повышаются и, как предсказывают аналитики, этот процесс ещё далеко не завершён. Получение биотоплива сегодня — это новые разработки в области производства топлива, альтернативного нефтепродуктам, главным образом, для автомобилей, получаемое экзотическим, но перспективным способом.

Способов таких множество, и один из наиболее популярных, ввиду сравнительно низкой себестоимости производства, — это получение спирта из возобновляемых природных ресурсов. Получаемый таким способом спирт можно заливать в автомобиль в чистом виде, а также для дополнительной экономии смешивать с продуктами перегонки нефти. Традиционно для получения спирта используют злаковые культуры, такие как кукуруза или пшеница, но сложно обеспечить неограниченное их выра-

щивание, т.к. необходимо использование больших площадей сельскохозяйственных угодий. Известны технологии производства спирта из стеблей кукурузы или, например, целлюлозы, не отличающиеся особой рентабельностью, поскольку в среднем, потратив 1 МДж энергии, можно получить бензина на 1,19 МДж, кукурузного спирта на 0,77 МДж и целлюлозного спирта всего на 0,10 МДж. Есть и другие способы — вплоть до переработки масла, уже использованного для приготовления хрустящего картофеля, в биодизель, но многие из этих технологий пока балансируют на грани рентабельности.

Биомасса водорослей, аккумулирующая в себе солнечную энергию в форме углеводов растительного происхождения, может служить перспективным сырьём для выработки биотоплива. Биотопливный потенциал водорослей является объектом пристального внимания учёных Франции, Германии, Японии и США с 50-х гг. прошлого столетия, при этом вопрос особенно обострился во время предыдущего нефтяного кризиса 1970-х гг. — в полной аналогии с нынешним состоянием дел. Морские водоросли в связи с их богатым химическим составом — достаточно хорошее сырьё для производства биотоплива, а особенно непищевые водоросли или отходы глубокой переработки как бурых, так и красных водорослей.

В настоящее время целевыми продуктами переработки бурых водорослей являются альгинат кальция, альгинат натрия, маннит, фукоидан, которые применимы в различных отраслях — от пищевой промышленности до медицины. Как известно, после выделения целевых продуктов переработки водорослей, образуется большое количество водорослевого остатка, который имеет достаточно разнообразный химический состав, так как химические компоненты не выделяются на 100 %. Кроме того, в составе водорослей находятся и другие вещества, например клетчатка, что даёт основание для дальнейшего использования водорослевых остатков [Вафина, Подкорытова, 2009] при создании технологии производства биотоплива.

На основании данных сайта издания *Permaculture Activist*, представленных в табл. 6, можно судить о перспективности использования водорослей для производства биотоплива.

**Таблица 6.** Годовой выход топлива с 1 акра (0,405 га) занимаемой площади, л

Используемое сырьё	Объём выхода
Кукуруза	70
Соя	186
Сафлор	322
Подсолнечник	396
Рапс	493
Пальмовое масло	2460
Микроводоросли, показатели:	
достигнутые	7169
теоретические и лабораторные	19375–58125

Результаты, представленные в табл. 6, показывают, что выход топлива из водорослей в десятки раз превосходит таковой показатель из традиционных наземных культур.

Разработка технологий получения биотоплива из бурых водорослей и продуктов их переработки позволит не использовать пахотные земли для выращивания растений для производства биотоплива, и соответственно, избежать удорожания растительного масла и хлеба из-за использования урожая на производство топлива.

С учётом запаса фукусковых водорослей Чёрного моря и северных морей Российской Федерации можно оценить размер возможного общего допустимого улова (ОДУ) этих водорослей. Как правило, ОДУ оценивают примерно в 10 % от запасов. В связи с этим для Баренцева и Белого морей он составляет примерно 8 тыс. т; а для Чёрного моря (цистоцира) — примерно 8,5–9,5 тыс. т.

Отходы после выделения биоконпонентов из водорослей составляют около 25–27 % от массы исходного сырья, в связи с чем можно рассчитать количество остатков, которые могут образоваться при переработке 8 тыс. т фукусковых водорослей (ОДУ), — примерно 2,2 тыс. т, выход биотоплива из которых составит примерно 1,1 тыс. т. При использовании 9 тыс. т черноморской цистоциры (ОДУ) при изготовлении биотоплива теоретически выход его должен составить около 4,5 тыс. т. Таким образом, при использовании фукусковых водорослей Чёрного, Белого и Баренцева морей можно в год получать примерно 5,6 тыс. т био-

топлива, не используя при этом дополнительные пахотные земли, не затрачивая сил и материальных средств на выращивание культур, на их сбор и транспортировку.

Задача обеспечения постоянно растущих потребностей экономики в энергии обуславливает необходимость развития возобновляемой энергетики и, в частности, биоэнергетики. Это так же объясняется необходимостью решения глобальных проблем, связанных с ограниченностью природных запасов топлива и обеспечением экологической безопасности.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Таким образом, практически не используемые фукусковые водоросли Чёрного моря или их остатки после выделения целевых продуктов могут быть применены не только по прямому назначению (в качестве сырья для производства медицинских препаратов, сырья для производства БАВ, БАД, гидроколлоидов, сорбентов радионуклидов и тяжёлых металлов), но и для производства альтернативных видов топлива, что позволит не только рационально использовать существующие запасы фукусковых водорослей, но и обеспечить страну недорогим топливом без крупных инвестиций, улучшить экологическую обстановку, значительно пострадавшую за последние десятилетия.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Блинова Е.И. 2007. Водоросли-макрофиты и травы морей европейской части России (флора, распространение, биология, запасы, марикультура).— М.: Изд-во ВНИРО.— 114 с. + 16 с. вкл.
- Возжинская В.Б., Камнев А.Н. 1994. Эколого-биологические основы культивирования и использование морских донных водорослей.— М.: Наука.— 202 с.

Клочкова Н.Г., Березовская В.А. 2001. Макрофитобентос Авачинской губы и его антропогенная деструкция.— Владивосток: Дальнаука.— 208 с.

Ковековдова Л.Т. 2001. Мышьяк и селен в промысловых гидробионтах акваторий Приморья.— Владивосток: Изд-во ТИНРО.— С. 3–8.

Подкорытова А.В., Аминина Н.М. 1998а. Применение альгинатсодержащих продуктов в лечебно-профилактическом питании // Тез. докладов Российской научной конференции «Новые биомедицинские технологии с использованием биологически активных добавок».— Владивосток.— С. 205–209.

Подкорытова А.В., Аминина Н.М., Левачев М.М., Мирошниченко В.А. 1998б. Функциональные свойства альгинатов и их использование в лечебно-профилактическом питании // Вопросы питания. № 3.— С. 26–29.

Подкорытова А.В. 2005. Морские водоросли-макрофиты и травы.— М.: Изд-во ВНИРО.— 175 с.

Сабурин М.Ю. 2004. Фитоценозы черноморской цистозирры: структура, восстановление и перспективы использования // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук.— 24 с.

Скрипник И.А., Саркисова С.А., Рясинцева С.И. 1982. Физиологическое состояние водорослей при ртутном загрязнении // Эксперимент. вод. токсикология. № 8.— Рига.— С. 149–154.

Слонкер Дж. 1975. Методы исследования углеводов. Пер. с англ. Под ред. А.Я. Хорлина.— М.: Мир.— С. 22–25.

Усов А.И., Смирнова Г.П., Клочкова Н.Г. 2001. Методы определения полисахаридов бурых водорослей. Т. 27.— С. 450–454.

Dische Z., Shetteles L.B. 1948. Specific color reaction of methylpentoses and a spectrophotometric micromethod for their determination // J.Biol. Chem. V. 175.— P. 43–51.

Usov A.I., Bilan M.I., Klochkova N.G. 1995. Polysaccharides of algae. Polysaccharide composition of several calcareous red algae: isolation of alginate from *Carollina pilulifera* P. et R. // Bot. Mar. V. 89.— P. 179–191.

Поступило в редакцию 20.03.13 г. Принято после рецензии 25.04.13 г.

## Chemical composition of brown algae from the Black Sea: genus *Cystoseira*, perspectives for their use

*A.V. Podkorytova, L.Kh. Vafina*

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO)

Data are presented on the safety and quality of brown seaweeds (*Cystoseira crinita* and *C. barbata*) which were collected in different Russian coastal areas of the Black Sea (settlement Dzhubga, Sudak Bay, settlement Shepsi, Blue Bay). The results of investigations have shown that the seaweeds collected in the areas under study comply with the safety requirements of SanPiN 2.3.2.1078-01 by neither total infestation nor by lead and mercury concentration. It is a proof of unfavorable ecological conditions of these areas and when these seaweeds are used it will be necessary to carry out their pre-handling aimed at their detoxification. Conditions for preprocessing of this raw material have been worked out. These seaweeds are proved to be a promising raw material item for complex processing and obtaining biologically active components and biological fuels. A promising technological scheme of complex processing of *Cystoseira* from the Black Sea has been elaborated.

**Key words:** brown seaweeds, *Cystoseira*, pretreatment of raw materials, safety and quality, sanitary and hygienic assessment, ecology, the Black Sea.