

Биоресурсы макроводорослей Баренцева моря: мониторинг зарослей фукусовых водорослей в Кольском заливе

Д-р биол. наук Е.В. Шошина – Мурманский государственный технический университет

Перспективы использования водорослей Северного региона

Водоросли – постоянный элемент питания человека с древнейших времен. Например, в Китае широко используются виды *Laminaria*, *Porphyra*. В европейских странах водоросли использовались в ограниченных объемах – имеются исторические упоминания об использовании в пищу видов *Chondrus*, *Palmaria*, *Ulva*. В ежедневный пищевой рацион монахов Соловецкого монастыря на Белом море входила морская капуста (ламинария). Водоросли – прекрасный источник витаминов и микроэлементов. Вегетарианцы считают, что водоросли в качестве морских овощей должны обязательно присутствовать в рационе питания человека [Парчевский В.П. Морские водоросли в диете человека: здоровье и превентивная медицина// Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1998. С. 333–337].

Из видов, используемых в пищу, на побережье Баренцева и Белого морей широко распространены бурые водоросли – *Laminaria saccharina*, красные – виды *Porphyra*, *Palmaria palmata*, из зеленых – *Ulva obscura* (морской салат).

Издавна водоросли использовались для получения соды и йода, но затем им на смену пришли минеральные ресурсы. В Соловецком монастыре уже в XIX веке было организовано небольшое производство йода, брома и соды из морских водорослей. В настоящее время основными химическими соединениями, выделяемыми из водорослей в промышленном масштабе, являются фикоколлоиды [Парчевский В.П., Шошина Е.В. Фикоколлоиды бурых и красных водорослей// Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. С. 322–333]. Они используются в пищевой, косметической и фармацевтической отраслях в качестве эмульгаторов и железирующих агентов. Как и их аналоги – экстрагируемые из высших растений пектины, они представляют собой компоненты клеточной стенки. Промышленным путем производятся три основных типа фикоколлоидов: альгинаты, каррагинаны и агары.

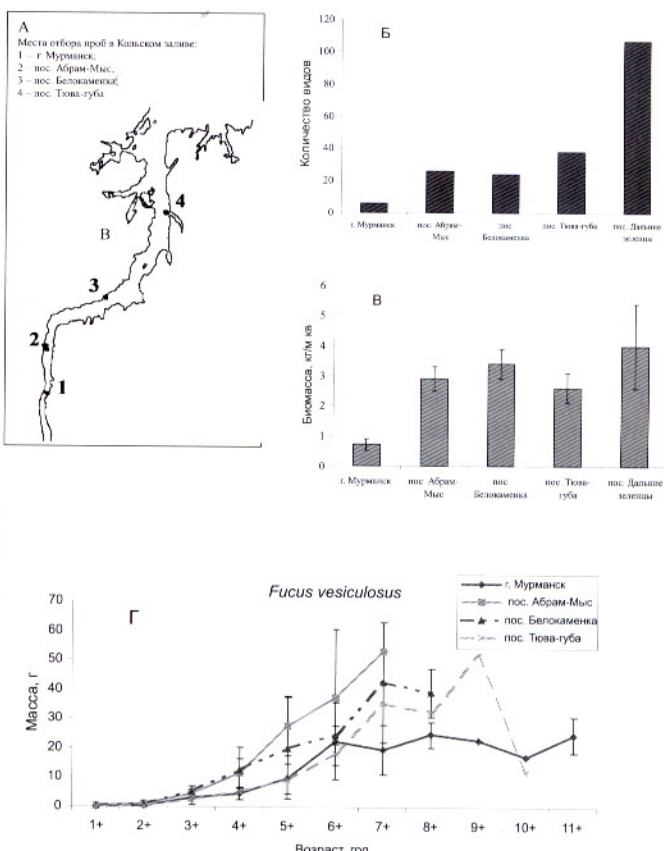
Альгинаты (соли альгиновой кислоты) получают из бурых водорослей, главным образом, ламинариевых и фукусовых. В Северной Атлантике – это виды рода *Laminaria*, *Ascophyllum nodosum*. Из бурых водорослей получают также полисахарид – фукоидан. Альгинаты применяются в текстильной и бумажной промышленности для проклеивания и придания глянца, в производстве красок, пищевой промышленности, косметике и фармацевтике – как обеспечивающие вязкость агенты для суспендирования не смешивающихся с водой веществ. Следует отметить, что в токсикологических исследованиях выявлен высокий уровень безопасности альгинатов при добавлении в пищевые продукты.

В пищевой промышленности альгинаты применяются при изготовлении десертов (сливочное мороженое, пудинги, сладкие кремы), молочных продуктов (сметана, взбитые сливки), булочных изделий (глазирование, меренги, начинка для фруктовых пирогов), напитков (фруктовые напитки, для стабилизации пены

пива), приправ к салатам и соусов, при производстве составных и замороженных продуктов.

Альгинаты используются также при выращивании растений. Разработана технология применения альгинатов для восстановления растительного покрова, например на отвалах использованной руды.

Альгинаты с разными свойствами можно получать из многих видов бурых водорослей Северного региона. Бурые водоросли – доминирующая группа на морском побережье Баренцева и Белого морей, они образуют обширные заросли на литорали (фукусовые) и в сублиторали (ламинариевые). Запасы бурых водорослей в Баренцевом и Белом морях изучены и выявлены основные районы, пригодные для их промысла [Сорокин А.Л., Пель-



Фукусовые водоросли в Кольском заливе:

А – Кольский залив, места отбора проб; **Б** – число видов в сообществах фукусовых водорослей; **В** – общая биомасса в сообществах фукусовых водорослей (вертикальные линии – доверительный интервал); **Г** – изменение массы целого слоевища *Fucus vesiculosus* в онтогенезе в связи с условиями среды (вертикальные линии – доверительный интервал)



Фукусовые водоросли на открытом скалистом Мурманском побережье

тихина Т.С. Ламинариевые водоросли Баренцева моря. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1991. 187 с.; Макаров В.Н. Сырьевые ресурсы промысловых водорослей// Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. 1998. С. 257–276].

Каррагинаны получают из красных водорослей. В Северной Атлантике в промышленном масштабе используются виды *Chondrus*, *Furcellaria*, *Phyllophora*. Каррагинаны используются как эмульгаторы в пищевой промышленности и фармацевтике, как клеящее вещество – в текстильном производстве. В пищевой промышленности каррагинаны применяются при производстве молочных продуктов (взбитые сливки, йогурт, ацидофильное молоко, сливочное мороженое, молоко с фруктовыми добавками, сгущенное молоко, кофейные сливки), замороженных продуктов, приправ и соусов.

В Баренцевом и Белом морях имеются весьма ограниченные запасы водорослей, которые могут быть использованы для получения каррагинанов: это виды *Chondrus crispus*, *Furcellaria lumbricalis*, *Phyllophora brodiaei*.

Агар – желирующее вещество, которое получают из видов *Gracilaria*, *Ahnfeltia* и др. Агар используется в основном в бактериологии и гистологии для приготовления культуральных сред. Чистая агароза в настоящее время применяется как гель для электрофореза и хроматографии. Агар используется для изготовления конфет, соков, как наполнитель для пирогов и бисквитов, чтобы придать изделиям форму, приятный вкус и текстуру.

На Белом море произрастает агарофит *Ahnfeltia plicata*, имеющий промысловое значение. На Мурманском побережье этот вид встречается редко.

В последнее время водоросли все шире применяются в **косметике**. Альгинаты используются как эмульгаторы и стабилизаторы в кремах, мылах, шампунях и лосьонах. Они безопасны при использовании в качестве аппликаций на кожу. Альгинатные гели хорошо наносятся на кожу и переносятся, способствуя размягчающему и увлажняющему действию, активируют и стабилизируют пену. При добавлении в зубную пасту альгинаты играют роль загустителей, делая ее мягкой и тягучей. Присутствие альгинатов в лосьонах для волос позволяет легко делать прическу и придает волосам шелковистость и блеск. Агаровые гели используются в таких препаратах, как дезодорантные палочки, кремы для лечения дерматитов.

Водоросли являются источником природных **биологически активных веществ**, которые имеют широкий спектр воздействия на организм человека [Применение препаратов водорослевого происхождения в клинике внутренних болезней// Тез. докл. науч.-практ. конф., посвящен. 80-летию Архангельского опытного водорослевого комбината (Архангельск, 3-4 июня 1998 г.). Архангельск: Изд-во Арх. опыт. водоросл. комбин., 1998. 38 с.; Подкорытова А.В. Лечебно-профилактические продукты и биологически активные добавки из бурых водорослей// «Рыбное хо-

зяйство», 2001, № 1. С. 51–53; Тумов А.М. Целительные свойства морских водорослей. СПб.: Изд. дом «Нева», 2004. 128 с.; Облучинская Е.Д. Технологии лекарственных и лечебно-профилактических средств из бурых водорослей. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. 164 с.]. Они способны снижать кровяное давление, повышать сопротивляемость организма к инфекционным заболеваниям, регулировать содержание липидов и холестерина в крови; обладают антиопухолевой активностью; способствуют накоплению в организме биологически необходимых микроэлементов, например калия.

Полисахариды из водорослей применяются в **фармацевтике** как связующее вещество для изготовления таблеток, гранул, пилюль; стабилизаторы и эмульгаторы мазей, перевязочные материалы. Альгинаты используются в качестве наполнителя для приготовления лекарств; они служат как защитные оболочки и агенты для создания взвесей, что увеличивает стабильность и биодоступность активных ингредиентов. Эти вещества рекомендуются для выведения из организма радиоактивных веществ и тяжелых металлов. Повязки, сделанные из волокон альгината, используются для лечения ожогов, ран и язв. Возможности использования водорослей в медицине требуют дальнейшего изучения.

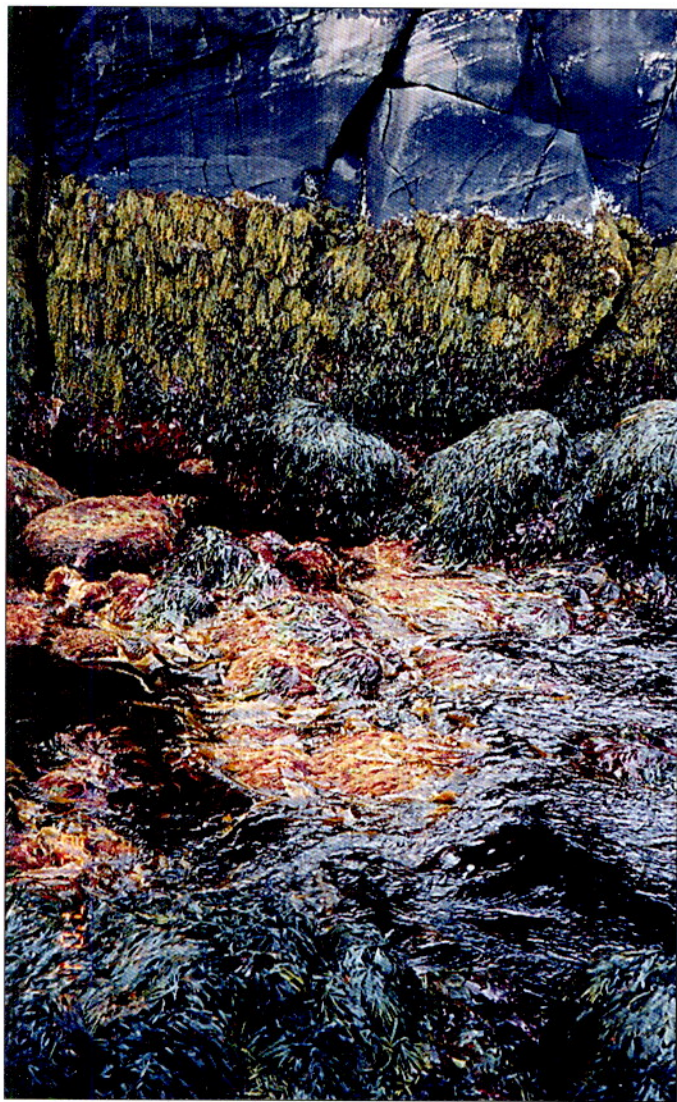
Водоросли рекомендуется использовать в **профилактических целях**. В течение веков было принято употреблять в пищу морские водоросли и продукты из них для уменьшения тучности; применяются питье морской воды, купание в горячей морской воде, купание в морской воде с суспензией бурых водорослей в виде муки, массаж с мукой из морских водорослей и морской воды, плавание в морской воде, прикладывание припарок с донной грязью, песчаные и солнечные ванны на берегу. В европейских странах с помощью такой терапии лечат ревматизм, подагру, невралгию, экземы, невроты, заболевания, вызванные стрессом и старением организма, а также восстанавливают работоспособность, заживляют раны [Гарчевский, 1998].

Водоросли, выброшенные на берег прибоем, применяются в качестве **удобрений** во всех районах, где имеются прибрежные сельскохозяйственные угодья. Удобрения из водорослей имеют то преимущество, что в них нет семян сорняков и спор патогенных грибов. Выпускаются жидкие удобрения, полностью или частично производимые из водорослей и предназначенные для использования в тепличном хозяйстве. Они повышают всхожесть семян, урожайность, выносливость растений, устойчивость их к болезням.

Промысловые водоросли Баренцева моря

В то время как биоресурсы морских водорослей прибрежной зоны Белого моря все шире вовлекаются в промысел, на Баренцевом море добыча водорослей ведется в очень небольшом объеме. В свое время развитию промышленной переработки водорослей способствовало введение в эксплуатацию в 70-е годы Архангельского опытного водорослевого комбината, работающего на беломорском сырье. На комбинате был освоен выпуск продукции медицинского, пищевого и сельскохозяйственного назначения. Этот комбинат является одним из главных в нашей стране поставщиков альгината, маннита, агара для медицинской промышленности [Применение препаратов..., 1998; Тумов, 2004].

На Баренцевом море используется ограниченное число видов водорослей. В небольших объемах ведется добыча ламинариевых (бурые водоросли), прежде всего ламинарии сахаристой (*Laminaria saccharina*), для использования в пищу (в виде салатов) и в качестве пищевых добавок (витамины и йод). Добываются фукусовые (бурые) водоросли для получения крупки и последующей переработки и производства, в том числе альгинатов. Из фукусовых используется, главным образом, фукус пузырчатый (*Fucus vesiculosus*). Вместе с тем перспективными для получения альгинатов являются и другие виды ламинариевых (*Laminaria hyperborea*, *Laminaria digitata*, *Alaria esculenta*) и фуку-



Красные водоросли (пальмария) на литорали

совых (*Ascophyllum nodosum*, *Fucus distichus*, *Fucus serratus*) водорослей, запасы которых существенны.

Из красных водорослей на Севере (Белое море) в настоящее время добывается только анфельция (*Ahnfeltia plicata*), из нее извлекается агар. Тогда как во многих других странах, в том числе в странах Европы, красные водоросли используются более широко. Для комплексной переработки перспективны *Palmaria palmata*, *Odonthalia dentata*, *Ptilota plumosa*, *Phycodrys rubens*, *Delesseria sanguinea* и др. как источники уникальных химических соединений [Парчевский, Шошина, 1998]. Как правило, они не образуют промысловых скоплений, но постоянно встречаются вместе с добываемыми видами.

В настоящее время эксплуатируются только природные заросли водорослей в северных морях России. Рост коммерческого интереса к производству продукции из морских водорослей как уникального сырья для получения целого ряда веществ, которые не содержатся в наземных растениях, ведет к угрозе истощения естественных зарослей. При разработке комплексных технологий переработки отдельных видов и производстве широкого ассортимента продукции из местного растительного сырья встает проблема рационального использования естественных зарослей и развития марикультуры водорослей [Макаров В.Н. Концепция рационального природопользования зарослей промысловых водорослей// Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. 1998. С. 338–345; Макаров В.Н. Современное состояние марикультуры водорослей// Промысловые и перспективные для использо-

вания водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. 1998. С. 295–299; Макаров В.Н. Сырьевые ресурсы промысловых водорослей// Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. 1998. С. 257–276].

Несмотря на многие преимущества культивирования по сравнению со сбором водорослей из естественных зарослей, культивирование водорослей в нашей стране остается малоосвоенным. Вместе с тем в мире в общем объеме использования водорослей, а это более 3,5 млн т сырого веса в год, доля культивируемых видов составляет около 80 %. Среди культивируемых макроводорослей первое место занимают бурые водоросли, все они относятся к порядку *Laminariales*. Основная масса выращиваемых ламинариевых водорослей используется для производства пищевой продукции. Широко культивируют в мире и красные водоросли, главным образом в странах с теплым климатом.

В России освоено опытно-промышленное культивирование только ламинариевых водорослей: на Японском море – ламинарии японской (*Laminaria japonica*), на Белом и Баренцевом морях – ламинарии сахаристой (*Laminaria saccharina*). На Баренцевом море первая опытно-промышленная ламинариевая плантация была создана в 1983 г. в губе Дальнеземецкая на базе Мурманского морского биологического института РАН.

Как показало опытное культивирование ламинарии сахаристой на Мурманском побережье [Макаров В.Н. Современное состояние марикультуры водорослей// Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. 1998. С. 295–299], ламинариевые хозяйства могут быть рентабельными на Севере. Водоросли, как первичные продуценты, являются перспективными объектами при создании поликультурных хозяйств. Плантации водорослей могут создаваться для получения товарной массы с целью использования в сыром виде, переработки и извлечения биологически активных веществ. Кроме того, представляется важным создание плантаций водорослей как естественных биофильтров для очистки воды в аквахозяйствах при выращивании беспозвоночных и рыбы и для очистки сточных вод.

Для культивирования перспективны ламинариевые водоросли (*Laminaria digitata*, *Alaria esculenta*). Выбор культивируемого вида зависит от конечного продукта, который мы желаем получить, а кроме того – от расположения плантации и интенсивности движения воды и других факторов. Из красных водорослей в Северном регионе можно культивировать пальмарию (*Palmaria palmata*), порфиру (*Porphyra miniata*). Для очистки сточных вод могут быть использованы зеленые водоросли (*Enteromorpha prolifera*).



Урожай ламинарии (губа Дальнеземецкая, 1983 г.)



Заросли ламинарии сахаристой на литорали в губе Дальнезеленецкая (Баренцево море)

Исследование фукусовых водорослей в Кольском заливе

Мурманское побережье Баренцева моря – достаточно открытое, поэтому районов с большими запасами водорослей не так много. Значительные запасы водорослей сосредоточены в районе на выходе из Кольского залива (Кильдинская салма).

Сотрудники, аспиранты и студенты Мурманского государственного технического университета (МГТУ) на протяжении нескольких лет участвуют в обследовании в Кольском заливе зарослей фукусовых – крупных бурых водорослей, доминирующих в сообществах литорали. Исследования проводились при поддержке грантов Российского фонда фундаментальных исследований № 99-04-48321 и № 01-04-49510.

Пробы водорослей отбирались в Кольском заливе при разном удалении от открытого моря (рисунки, А). Проанализированы следующие показатели: на уровне фитоценоза – видовой состав, биомасса, численность водорослей; на уровне популяции – возрастная и размерно-весовая структура поселений доминирующего вида; на уровне слоевища – сырая и сухая масса, площадь поверхности фукусов.

Исследования показали, что за последние сто лет в экосистеме Кольского залива произошли деградационные изменения. Тем не менее, в настоящее время заросли фукусовых водорослей встречаются вдоль всей литоральной зоны в Кольском заливе, где есть ненарушенный береговым строительством твердый субстрат. Заросли обычно разреженные. При продвижении от открытой к кутовой части залива прослеживается обеднение в видовом составе сообществ фукусовых водорослей (рисунки, Б), в том числе, и на примере доминирующих видов. Состав видов водорослей, встреченных в Кольском заливе, типичен для сообществ фукусовых в защищенных местообитаниях на Мурманском побережье.



Отбор проб на литорали с фукусовыми водорослями (район Мурманска)

на Мурманском побережье. На литорали около г. Мурманск (по сравнению с незагрязненными районами, например, губой Дальнезеленецкая) наблюдается значительное снижение биомассы (рисунки, В) и численности фукусов. Отмечено общее угнетение водорослей-макрофитов.

Проведенное нами исследование возрастной и размерно-весовой структуры популяций фукусовых на примере доминирующего вида *Fucus vesiculosus* (рисунки, Г) показало, что в центральной части Кольского залива в поселениях наблюдается длинный возрастной ряд (до 14 лет), когда присутствуют растения всех возрастных групп. При этом нередко наблюдается низкая численность молодых растений. Тем не менее, даже в районе Мурманска (пос. Абрам-Мыс) отдельные растения могут достигать значительных размеров и массы. Отмечены адаптивные изменения параметров слоевища фукусов, направленные на интенсификацию внешнего обмена водорослей в условиях увеличения трофической нагрузки.

Большие по сравнению с южной частью запасы водорослей на выходе из Кольского залива, близость этих районов к производственным – переработчикам сырья – служат удобной базой для размещения и развития аквакультур в губах, расположенных при входе в Кольский залив. Следует отметить, что по многим параметрам предпочтительнее развивать аквакультуры с комплексным использованием морских гидробионтов – животных и растений, которые нередко встречаются при добыче совместно. В связи с этим, представляется перспективным развитие водорослевых и мидийных хозяйств.

Проведенные на базе МГТУ в губе Тюва исследования пространственной, размерной, возрастной и генеративной структуры поселений мидии (*Mytilus edulis*, двусторчатые моллюски) и фукуса (*Fucus vesiculosus*, бурые водоросли) – доминирующих в сообществах промысловых гидробионтов – свидетельствуют о возможности успешного совмещения этих видов хозяйств и в Кольском заливе Баренцева моря.

Schoshina E.V.

Resources of seaweeds of the Barents Sea: monitoring of furoid beds in Kola Bay

Seaweeds are perspective objects for harvesting and cultivation on Murman coast of the Barents Sea. Now only a few species are being used, but there are some more brown and red algae species containing unique chemical substances. Today in Kola Bay furoid beds are being monitored. Adaptive changes of furoid thalli parameters according to intensification of external exchange with increasing trophy load are noted.