

Морские водоросли — путь к решению многих проблем человечества

Моему деду, Марченко Свириду Варфоломеевичу, запомнилась одна история. Во время работы около побережья Амурского залива Приморского края, военнопленными японцами были обнаружены выброшенные на берег волнами морские водоросли. Водоросли были собраны, привезены и разгружены японцами на территории лагеря для военнопленных в г. Артем. Через некоторое время, от них стал исходить специфический запах, и мой дед, будучи начальником лагеря, выразил обеспокоенность в связи с возможными отравлениями при употреблении в пищу блюд из этого сырья. Японцы успокоили его и сказали, что это — характерный специфический запах, и никаких отравлений от водорослей не будет.

В морях и океанах "плавают", по самым скромным подсчетам, не менее 1,5 млрд. тонн различных представителей фитопланктона. Годовая продукция этих микро водорослей составляет не менее 500 - 600 млн. тонн.

Эти одноклеточные организмы воспроизводятся с космической скоростью: при благоприятных условиях каждая особь может рождать тысячи себе подобных. Кроме того, они отличаются высокой приспособляемостью к быстро меняющимся условиям внешнего мира. При хорошей горизонтальной и вертикальной циркуляции водных слоев, и при достаточной освещенности эти биологически ценные продукты заполняют всю толщу воды, снабжая микро водоросли необходимой пищей.

Если разумно использовать все эти биологические ресурсы, не подрывая их воспроизводство, то Мировой океан не только прокормит все население земного шара, даже если оно возрастет в несколько раз, но и создаст условия для интенсивного развития многих сфер человеческой деятельности.

Объектами промышленного промысла и искусственного разведения стали преимущественно крупные виды водорослей, относящиеся к фитобентосу: бурые, красные и зеленые, располагающиеся в морях тремя поясами: зеленые - на мелководьях, бурые - на глубине 15 - 20 метров, красные - на глубине 180 - 200 метров, покрывая миллионы квадратных километров дна Мирового океана.

На прибрежном дне морского побережья России, протяженность которого около 60 тыс. км, повсеместно произрастает многообразная по видовому составу морская растительность, которая насчитывает около 2000 видов растений, из которых красные водоросли составляют 51%, бурые - 29 %, зеленые - 20%, что является основой для создания российской водорослевой промышленности.

Добыча водорослей очень экономична:

- "с гектара морского дна можно получить до 25 тонн их сырой массы, тогда как с такой же площади лугов - до 4 тонн травы"¹
- плантации водорослей могут давать несколько урожаев в год
- плантации водорослей не требует затрат на пахоту, боронование, увлажнение, не надо проводить мелиоративные работы.

¹ Толоконников Ю.А. Марикультура // Агропромиздат, М., 1991, с.175

Макроскопические морские и пресноводные водоросли используются человеком в качестве пищевых и кормовых продуктов еще с 13 столетия. В настоящее время известно около 170 видов съедобных макроскопических водорослей, из них 81 вид красных, 54 бурых, 25 зеленых, 8 сине-зеленых. Интенсивное использование морских водорослей -макрофитов в хозяйственных целях (например, в калифорнийских подводных "лесах" *Macrocystis Aq.* ежегодно собирают до 150 тысяч биомассы) истощило их природные запасы и привело к необходимости их искусственного выращивания.

Издавна люди пытались найти способы управлять ростом искусственных лугов и лесов. Искусственное выращивание водорослей в настоящее время имеет много преимуществ. Так, при искусственном культивировании водорослей урожай можно повысить более, чем в 1,5 раза получением высокой биомассы за счет внесения удобрений в морскую среду, и этим возможно регулировать или пополнять химический состав минеральных солей в растениях.

Водоросли выращиваются как в естественных лагунах, бухтах, заливах, открытых районах моря, так и в бассейнах и прудах, используя методы, применяемые в земледелии.

Можно выделить следующие операции по культивированию морских растений:

1. сбор спор,
2. выращивание рассады,
3. получение товарной продукции и снятие урожая,
4. сохранение спор.

Японские специалисты считают, что выращиваемые водоросли должны обладать тремя основными качествами: промысловой ценностью, быстрым ростом и высокой продуктивностью.

Существует два основных способа выращивания водорослей:

- вертикальный — способ, при котором сети и бамбуковые решетки, постепенно обрастающие молодыми растениями, располагают вертикально
- горизонтальный - при котором в период высывания спор на дно опускают целиковые бамбуковые бревна и расщепленные пучки веток, хвороста, все эти коллекторы для улавливания спор размещают на дне или прикрепляют к вбитым в грунт столбам.

Часто водоросли выращивают на веревочных сетках, расположенных в толще воды в несколько этажей. В течении зимнего периода коллекторы обрастают растениями, а летом их вынимают и снимают урожай.

Продолжительность выращивания на искусственных плантациях различна: для ламинарии - 9-10 месяцев, алярии — 6-7 месяцев, порфиры - 4-5, черноморской цистозире 16 -18 месяцев.

В последнее время в довольно больших количествах выращиваются виды родов *porphyra Aq.*, *Laminaria Lamour*, *Undaria Suring*, *Macrocystic Ag.*, *Gelidium Lamour*, *Gracilaria Grev.*, *Pterociadia J.*, *Monostroma Thur.*, *Rhodymenia Grev.*,

Eucheuma J., *Chondrus* Stack., *Uiva* L., *Enteromorpha* Link., *Spirulina*. Среди них наибольшее пищевое значение имеют виды рода *ZPorphyra*. Их начали выращивать в Японии в 17 столетии и в настоящее время по объему культивирования они занимают первое место в мире. В 1945 - 1951 гг. урожай видов *Porphyra* составлял 3 тысячи тонн в год, в 1969 - 1970 гг. - 18 тыс. в год, в последующие года - свыше 100 тыс. в год. Только в Японии ежегодная продукция водорослей в целом возросла с 310 тыс. тонн в 1960 году до 690 тыс. тонн в 1978 году. Из 10 млн. тонн морских продуктов, получаемых в этой стране ежегодно, 1 млн. тонн поступает за счет аквакультуры.

Наибольших успехов в деле искусственного культивирования морских водорослей достигли Япония, Китай, Южная Корея, Индонезия, Филиппины и Австралия.

Уже сейчас в рационе питания японцев водоросли составляют почти 20%.

Издавна в странах Востока - Японии, Китае - водоросли едят в сыром, сушеном, вяленом, соленом и консервированном виде, а бурые водоросли являются продуктом массового и ежедневного пользования.

Полученные в Японии штаммы и японские технологии широко используют в США, Канаде, Франции, Норвегии, Дании, Великобритании.

В России морские водоросли выращивают в дальневосточных морях, на Черном, Белом и Баренцевом морях.

Возможность культивирования ламинарии - морской капусты - в северных водах России была доказана при СССР в 1961 году: на Дальне-Зеленецкой губе был построен сосновый плот, представляющий квадратную размером 2х2 метра раму, в средней части скрепленный 5 бревнами, и был установлен в воде вертикально. Через 22 месяца все сооружение обрастало морской капустой, масса которой колебалась от 143 до 600 грамм с одного квадратного метра, однако, промышленное марихозяйство по выращиванию северных водорослей не было организовано, так как в основном добыча шла и идет с естественных биоценозов.

Тихий океан - самый обширный водный бассейн Земли, омывающий своими морями - Беринговым, Охотским и Японским - берега Дальнего Востока России. Видовой состав растительности в дальневосточных морях очень разнообразен и богат: более 600 видов водорослевых организмов; наибольшие заросли образуют бурые водоросли, а также большое скопление красной водоросли анфельции и густые заросли морских трав.

Заросли морской капусты (ламинарии) - холодолюбивого растения, развивающегося как половым, так и бесполом путем лучше всего при температуре 8 - 15 градусов Цельсия, - произрастают на глубине от 1 до 20 метров и образуют пояса вдоль всего Дальневосточного побережья. Слоевище этой водоросли буро-коричневого цвета достигает 30 см в ширину и 15 метров в длину при толщине 5 мм.

Ламинарии выращиваются на грунте или в толще воды с применением разнообразных плавающих средств.

Донное культивирование широко распространено в Китае, где в качестве субстрата для растений используют камни массой до 16 кг, на 1 гектаре 4 - 4,5 тысячи камней. В местах с обильным осаждением спор их укладывают рядами на расстоянии 5 - 10 см друг от друга; ширина междурядья равна 2 - 2,5 метра. Если количество спор в воде невелико, их завозят из других мест, для чего собирают талломы водорослей со спорангиями, стимулируют подсушиванием и опускают в воду., которые течением разносятся вдоль берега, где прикрепляются к разнообразному субстрату, в том числе и к рассыпанным камням. Таким образом и расширяется ареал ламинарии.

Далее процесс роста водорослей идет без вмешательства человека: зимой из спор на камнях появляются ростки, а в начале лета ростки достигают 2,5 - 3 метра, и уже можно собирать урожай.

В Китае также используют участки и с илистым дном: вместо камней на 1 гектаре размещают до 480 штук плетеных корзин из бамбуковых или ивовых прутьев диаметром не превышающем 60 - 70 см и высотой не более 0,5 метров. Перед установлением корзин в морских бухтах в них "засевают" споры ламинарии.

В Японии имеется свой метод выращивания морской капусты: в места высыпания спор на дно опускают канаты длиной до 25 метров с закрепленным грузом. Чтобы они находились в толще воды, к ним подвязывают несколько поплавков, затем укрепляют на расстоянии 1 метра от дна и 5 - 10 метров от поверхности воды. Выращивание обычно осуществляется в хорошо защищенных от волнения моря бухтах, фиордах, лагунах заливов.

В водах Тихого океана нашли промышленное применение и красные водоросли, распространенные на глубинах 50 - 100 метров, длиной от нескольких сантиметров до 2 метров. Порфира - самая распространенная водоросль массового культивирования народами Японии и Кореи, история выращивания которой насчитывает не одно столетие.

У Японских берегов плантации порфиры занимают более половины всей площади морских управляемых хозяйств; ее ежегодный сбор - 360 тысяч тонн.

Культивирование водоросли осуществляется в 2 этапа: на первом в качестве коллектора используют связки бамбука, хвороста, ветки местных деревьев, размещая, как субстраты, на донных участках моря, где происходит размножение порфиры. Споры оседают на ветках и из них вырастают молодые растения.

На втором этапе - субстрат с водорослями извлекают из воды и в течении 4 - 6 суток выдерживают на берегу в местах, защищенных от действия прямых солнечных лучей и попадания пылевых частиц. Затем его переносят на участки, расположенные вблизи устья рек. Богатые питательными веществами районы с пониженной соленостью способствуют быстрому росту растений, устанавливая субстраты с растениями так, чтобы во время приливов они покрывались морской водой. Это довольно хлопотно, трудоемко и недостаточно эффективно, поэтому выращивают водоросль еще и на сетках. Производительность данного

метода колеблется с 25 до 100 тонн с одного гектара водной поверхности в год. Длинные полотнища сетей, длиной до 45 метров и шириной 1,5 метров, натягивают на рамы, изготовленные из бамбука, металлических или полиэтиленовых труб. Такое устройство называется "хиби". Водоросли со спелыми спорангиями размещают в больших бассейнах, где уже находятся сети-хиби, на которые и оседают моноспоры. В местах выращивания порфиры в дно вбивают шесты, к которым вертикально или горизонтально крепят хибы. При горизонтальном размещении рамы подвешивают одну над другой в несколько этажей. Через месяц после прорастания спор сети переносят в прибрежные районы, к устьям рек, где водоросли растут до товарного размера.

В Японии практикуется метод плавучих сеток, наиболее эффективный, сущность которого заключается в том, что сети с рассадой крепятся не к шестам, а к поплавкам, стоящим на якорях, поэтому во время отлива они полностью осушаются на 4 - 4,5 часа и во время прилива затопляются. Осевшие посторонние водоросли не переносят осушения и погибают, а порфира растет более эффективно.

Морские фермы по выращиванию различных видов грацеллярии, водорослей Тихого океана, культивируются в прудах Таиланда и Вьетнама, получая урожай до 10 тонн с одного гектара.

Анфельцию, красную водоросль, выращивают в Китае, Японии и на Камчатке. Впервые ее стали выращивать в 1957 году в лагуне Буссе в Белом море: на площади в 2 га и на глубине в 4 - 5 метров были разбросаны таланы неприкрепленной формы анфельции; через 2 года обнаружили сплошной слой растения, толщиной 5 - 15 см.

Сейчас анфельцию культивируют, используя веревочные коллекторы, на глубине 1 - 3 метра.

В морских хозяйствах Филиппин, Японии, Индонезии, Вьетнама в небольших количествах выращивают зеленые водоросли: ульву, морской салат. Этот вид водорослей, размеры которого от нескольких см до 1 и более метров, произрастает широко во всех морях и океанах на глубине до 30 метров, размножаясь половым и бесполовым путями.

Для решения проблемы культивирования водорослей, этих замечательных растений, обладающих пищевыми и лечебными свойствами, необходимо разработать биотехнологию выращивания водорослевой биомассы и механизировать уборку урожая, учитывая весь цикл выращивания - от спор до товарной продукции, используя в качестве субстрата камни и скала, искусственно созданные рифы на искусственном субстрате в толще воды, на мягком грунте лагун, прудов, в специально искусственных бассейнах, танках, различных емкостях с регулируемыми условиями.

Морскую капусту со дна моря собирают машинами или с помощью плавучей фабрики, оснащенной подводными косилками и граблями, транспортерами и коптителями. Объемы добычи могут достигать 40 тонн биомассы в день. Для предотвращения порчи (свежие водоросли содержат

от 79 до 88 % воды) их сразу высушивают или замораживают. Водоросли сушат солнечным, ветренным или естественным путем, расстилая их на гальке, стеллажах, камышовых циновках, или с помощью мощных сушильных установок.

Производство водорослей осуществляется в наиболее выгодных с экономической точки зрения районах, продуктивность их выше, чем естественных зарослей.

Из ламинарии, фукуса извлекают вещества, без которых не обойтись фармацевтической, текстильной, пищевой, кожевенной, парфюмерной промышленности, микробиологии: агар, маннит, альдегид натрия и всего около 300 наименований, отходы от производства пригодны для кормовой муки для нужд животноводства.

Из Приморья ежегодно в период с 1917 по 1922 год отправляли в страны Юго - Востока от 7 до 15 тыс. тонн сухой морской капусты.

Еще в дореволюционные годы из морской капусты готовили мармеладную массу, которую успешно продавали не только во Владивостоке, но и в лучших гастрономических магазинах Петербурга и Москвы.

В Черном море есть уникальная водоросль под названием филлофора, которая покрывает плотным слоем дно, его холмы и впадины, она может обитать даже на больших глубинах от 20 до 50 метров.

Самое крупное скопление, площадь которого достигает 12 тыс. квадратных метров, - это филлофорное поле Зернова. Его запасы филлофоры двух видов достигают 2 млн. тонн. В южной части Черного моря буйно произрастают заросли филлофоры "Броди", а на северо-западе и в бухтах на глубине 10 - 17 метров обитает морская трава zostера со средней биомассой 2 - 3 кг / квадратный метр. Еще в 19 столетии эти водоросли рассматривали как источник ценного химического элемента — йода - который был открыт в золе морских водорослей в 1811 году французским фармакологом Куртуа путем выпаривания водорослей в котле. В России первые заводы по получению йода из водорослей были построены в 1914 - 1917 годах на побережье Черного и Белого морей.

Первое производство агароида было организовано в СССР в 1931 году в городе Одессе. Технология не сложна и основана на щелочной обработке филлофоры в строго контролируемых условиях, предотвращающих нарушение регулярности построения молекул полисахарида, что обеспечивает получение студнеобразователя высокого качества мало отличающегося по внешнему виду от агара.

Питательная ценность черноморской филлофоры и продуктов ее переработки высока: даже Черноморская водорослевая мука содержит до 25% протеина и в ней присутствуют такие микроэлементы, как йод, бром, железо, цинк, титан и другие.

В Черном море растет морская трава zostера или взморник - это высшее цветковое растение, образующее обширные подводные луга в мелководной части лиманов и заливов Черного и Азовского морей. Зостеру заготавливают из

штормовых выбросов, подвергают воздушно-солнечной сушке, складывают в копны и прессуют в тюки весом 35 - 50 кг. По содержанию протеина до 1 до 13 % и содержанию микроэлементов zostera превосходит луговые травы.

Технология приготовления кормосмеси довольно проста: сухую морскую траву измельчают до частиц размером 5 - 10 миллиметров и тщательно перемешивают с концентратами, дают ее животным без предварительного приучивания.

В водной среде водоросли являются единственными продуцентами свободного кислорода, необходимого для дыхания водных организмов - как животных, так и растений. Содержание кислорода в воде нередко намного ниже нормального. Поэтому роль водорослей, как основных продуцентов органической пищи и кислорода в водных экосистемах Земли огромна: в Мировом океане они служат пристанищем и защитой для многочисленных видов морских животных, местом нереста рыб.

Водоросли играют большую роль в общем балансе кислорода на Земле. Вклад наземной растительности не дает прибавки к глобальному балансу кислорода, так как на суше высвобождаемый при фотосинтезе кислород расходуется примерно в таком же количестве микроорганизмами, разлагающими органический спад. В водоемах же разложение организмов идет в основном на дне анаэробным путем. Микроорганизмы играют важную роль в очистке рек, так как они питаются органическими веществами, загрязняющими воду. Они потребляют кислород, превращая его в двуокись углерода, поэтому уровень растворенного в реке кислорода имеет очень большое значение. Биологическая потребность в кислороде (БПК) представляет собой количество кислорода, которое требуется этим микроорганизмам для переработки всех органических веществ в воде. Чем выше значение БПК, тем выше загрязненность реки. Если вода очень сильно загрязнена, и большая часть растворенного в ней кислорода уже использована, то в ней начинают размножаться такие микроорганизмы, которым кислород не нужен. Эти организмы выделяют такие газы, как сероводород и метан, которые являются причиной плохих запахов и делают воду в реке темной.

Возмещение кислорода, непрерывно отчуждаемого из атмосферы в результате процессов горения, возможно только благодаря активности фитопланктона.

Океаны служат основным регулятором баланса кислорода атмосферы. Этому способствует и то, что содержание кислорода в самом верхнем слое воды, активно участвующем в обмене, может быть в 2-3 раза выше, чем в воздухе.

Земля, после своего появления, как бы купалась в жестком ультрафиолетовом излучении Солнца, приносившем на ее поверхность значительное количество коротковолновой энергии.

В этот период органические вещества накапливались в водах первичного океана, представляющего собой "органический бульон". Под влиянием

совместного воздействия света и грозových разрядов, растворенные в воде молекулы соединялись во все более крупные и все более сложные макромолекулы, и это в конце концов привело к образованию живых организмов. Сначала эти простейшие живые организмы были связаны со средой обитания, но вскоре им удалось освободиться от этой зависимости и начать самостоятельное существование.

С этого времени начинается эра фотосинтеза, историю развития которого можно прочесть по отложениям железных руд различных геологических эпох. По всему земному шару разбросаны несметные залежи окиси железа, составленные, как слоеный пирог, из чередующихся богатых и бедных пластов. Эти отложения характеризуют первый этап деятельности растений в водной среде. Чтобы не быть "сожженными" выделяемым ими же кислородом, растения были вынуждены использовать какие-то соединения, способные связывать свободный кислород. Ни один химический элемент не мог бы лучше служить этим целям, чем двухвалентное железо, входящее в молекулу бикарбоната железа. Мелкие частички, содержащие бикарбонат железа, которые образовались в результате эрозии горных пород, в отсутствии атмосферного кислорода растворились в воде. Стоило же растворенному в воде бикарбонату железа встретить водоросли, выделявшие кислород, и он превращался в не растворимую окись железа, выпадающую в осадок. В зависимости от интенсивности образования кислорода в воде поочередно оказывалось больше то бикарбоната, то окиси железа, чем объясняется последовательная смена богатых и бедных слоев железных руд.

Наконец наступил момент, когда количество кислорода, выделяемое водорослями, превысило способности среды к его связыванию, и газ начал накапливаться на поверхности океана. И восстановительные свойства атмосферы стали превращаться в окислительные. Постепенно в атмосфере Земли образовался слой озона, экранировавший организмы от жесткого ультрафиолетового излучения Солнца. Пока в атмосфере отсутствовал свободный кислород, ультрафиолетовые лучи проникали в воду вплоть до 10 - метровой глубины. Для защиты от этих лучей первые организмы собирались в своего рода "оазисы", чтобы таким способом образовать коллективный кислородный экран. Когда концентрация кислорода достигла сотой доли от существующей в настоящий момент², эти организмы смогли наконец отделиться друг от друга. Когда же концентрация кислорода увеличилась до десятой доли от современной, жизнь начала завоевывать и сушу.

Тайна образования жизни на Земле пока не разгадана, но ясно, что жизнь - порождение океана: вероятно, что в первичном океане накопилась основная масса органических соединений, образовалась исходная система для возникновения жизни, возник обмен веществ с окружающей средой, что

² Современная атмосфера содержит 20% кислорода. В литре морской воды, насыщенной атмосферным воздухом и имеющей уровень солености 20‰ при нормальном давлении и температуре 20 градусов Цельсия, содержится 5,3 кубических см растворенного кислорода.

явилось необходимым условием для образования клетки и одноклеточных организмов, а затем многоклеточных и высших. До половины всех существующих организмов на Земле встречаются только в море, а остальные и в море, и на суше.

Жизнь как способ существования белковых тел возникла в океане более 3,5 млрд. лет назад, где и прошла основные этапы своего эволюционного развития, сформировав существующие в настоящее время типы организмов.

Один из самых древних обитателей Земли - бактерия *Eubacterium isolatum* и одноклеточная хлорсодержащая водоросль *Archaeosphaeroides barbertonensis*. Их обнаружили в горных породах, возраст которых составляет не менее 3 млрд. лет. Речь идет об отложениях на юге Африки. Это самые старые из известных осадочных пород земного шара³.

В 20 веке перед человечеством встала проблема рационального использования природных ресурсов, и в первую очередь энергетических. Традиционные источники энергии - нефть, газ, уголь, горючие сланцы, образовавшиеся в результате фото синтетической деятельности (причем значительная доля в этих процессах принадлежит низшим фото автотропным растениям - водорослям) - в настоящее время считаются практически не возобновляемыми ресурсами. Энергетический кризис, охвативший в наше время многие страны мира, привел к необходимости поиска новых нетрадиционных источников энергии. К их числу относят энергию Солнца, консервируемую в биомассе фотосинтезирующих растений (биоконсервация солнечной энергии).

Так, М. Кальвин вычислил, что с 1950 года мировые запасы нефти уменьшились в 5 раз, для покрытия возникшего дефицита он рекомендует использовать "годовой приход энергии", обеспечиваемый солнцем. В отличие от атомной энергии, этот источник абсолютно безопасен, использование его не вызывает нарушение экологического равновесия, не ведет к радиоактивному или тепловому загрязнению среды. Из общего количества солнечного излучения, ежегодно достигающего поверхности Земли, растения утилизируют в среднем около 0,1%, что в 10 раз превышает мировое потребление энергии⁴.

Поэтому возникла идея использования биогаза - топлива, получаемого из органической массы путем ее биоконверсии. Наиболее перспективными первичными утилизаторами солнечной энергии являются микро водоросли, позволяющие повысить эффективность преобразования солнечной энергии на 3 - 5% .

Наиболее экономически выгодным процессом считается метанизация биомассы водорослей, выращенных на сточных водах.

Установки для получения метана из водорослей, выращенных на сточных водах, созданы в США, Японии, их продуктивность составляет соответственно 50 и 80 кг с га (в сухой массе) в год, а 50 - 60 тонн сухой биомассы водорослей

³ Эрхард Ж., Сежен Ж. Планктон // Гидрометеоздат, Ленинград, с.10-12

⁴ Вессер, Кондратьева Водоросли // Наукова думка, Киев, 1989, с.152

может дать 74 тысячи квт часов электроэнергии.

По заданию американских военно-морских сил, в Тихом океане изучается возможность разведения гигантских бурых водорослей с целью переработки их в метан и другие продукты. Подсчитано, что с площади 400 квадратных км, занятой плантациями *Macrocystis pyrifera* (L.) Ag, можно получить 620 миллионов кубических метров метана.

Энергия, полученная за счет фотосинтеза водорослей с последующей наиболее рентабельной конверсией ее в газ, считается конкурентоспособной в глобальных масштабах с ядерной энергией, хотя не все исследователи рассматривают эту биотехнологию как экономически выгодную.

Разработанная биотехнология получения биогаза из биомассы водорослей, выращенных на сточных водах, позволяет одновременно решить несколько вопросов: очистки стоков, охраны окружающей среды от загрязнения, получение дополнительных источников энергии и удобрений, экономии природных ресурсов.

Общая продуктивность Мирового океана равняется 15 млрд. тонн органического углерода, это соответствует 30 млрд. тонн живой материи⁵. Урожай "пастбищ", то есть водорослей, зависит от количества получаемой солнечной энергии, с урожайностью подводных пастбищ связано и понятие первичной продукции водоема, так называемая величина прироста биомассы первичного звена пищевой цепи, представленная фитопланктоном.

При благоприятных условиях за сутки количество фитопланктона может увеличиться в 3 раза. В чистой океанской воде фотосинтез возможен на глубине до 180 метров, ниже растения жить не могут.

В чистой прибрежной воде достаточное для фотосинтеза водорослей количество света проникает только на 35 метров, в мутной воде глубина уменьшается до метра. Водоросли, расположенные на дне, требуют больше света, чем плавающие, поэтому они редко встречаются на глубине более 20 метров.

Оценка прироста биомассы осуществляется с помощью измерений углекислого газа, поглощаемого за единицу времени, или по измерениям объемов кислорода, освобождающегося при фотосинтезе за тот же отрезок времени. Первичную продукцию в этом случае выражают через количество связанного, то есть вошедшего в состав организмов, углерода на единицу поверхности воды. Впервые эту методику применил известный датский биолог Стеман — Нильсен во время кругосветного рейса в 1955 году на исследовательском судне "Галатея":

"Продуктивность океанов по сравнению с продуктивностью суши в 2,5 раза меньше. причина тут главным образом кроется в том, что планктонные водоросли держатся на некотором расстоянии друг от друга, поскольку бы если бы плотность фитопланктона была очень высокой, то в воде очень скоро

⁵ Эрхард Ж., Сежен Ж. Планктон // Гидрометеиздат, Ленинград, с.86-87

*бы истощились запасы фосфора и нитратов. Продуктивность прибрежных многоклеточных водорослей выше, чем у фитопланктона"*⁶.

При помощи дешевых процессов ферментации и последующей очистки морские водоросли можно превратить в высокопроизводительное топливо. Полученные из бурых водорослей спирты и углеводороды с низким молекулярным весом могут с успехом применяться в двигателях внутреннего сгорания. Однако для производства одного барреля топлива потребуются тонны водорослей. Поэтому вопрос о рентабельности бурых водорослей еще далеко не решен. И все просторы океана плодородны и бесконечно обширны, и для людей инициативных есть много обещающих возможностей. Например, бурые водоросли могут заменить нефть в производстве пластмасс и, кроме того, способствовать увеличению запасов рыбы и других съедобных морских организмов, привлекаемых возможностью жить среди громадных дрейфующих масс растений⁷.

Таким образом, морские водоросли позволяют решить не только вопросы продовольственного обеспечения и развития аквакультуры, но и проблему экологического очищения прибрежных вод, обогащения кислородом и развития экосистем, а также вопросов энергетического обеспечения.

Список используемой литературы:

1. Ахабадзе А.Ф. и др. Краткая энциклопедия домашнего хозяйства // Советская энциклопедия, М., 1979
2. Вассер С.П., Кондратьев Н.В., Масюк Н.П. Водоросли (справочник) // Академия Наук УССР, Наукова думка, Киев, 1989
3. Горохов А. Российско-японские экономические отношения: реалии и возможности // Знакомьтесь — Япония № 31, 2001
4. Глядко В.А. Философское сознание Выпуск 1 От мифа к логосу // Институт философии Российской Академии Наук, М., 1996
5. Кабардин О.Ф. Физика // Просвещение, М., 1991
6. Куллини Джон Леса моря // Гидрометеиздат, Ленинград, 1981
7. Молодякова Э., Маркарян С. HAUTE CUISINE ПО-ЯПОНСКИ // Знакомьтесь — Япония, № 30, 2000
8. Орлов А.С. и др. История России // Проспект, М., 1998
9. Перепелицин М. Л. Философский камень // Амур, Хабаровск, 1992
10. Справочный материал Дайва Секьюритиз Ко., ЛТД, Департамент России
11. Шунтов В.П. и др. Проблемы дальневосточной рыбохозяйственной науки // Агропромиздат, М., 1985
12. Эрхард Ж.П., Сежен Ж. Планктон // Гидрометеиздат, Ленинград, 1984

⁶ Эрхард Ж., Сежен Ж. Планктон // Гидрометеиздат, Ленинград, с.87

⁷ Куллини Дж. Леса моря // Гидрометеиздат, Ленинград, 1984, с.261-263