

Фото предоставлены Д.Лосем



Основные работы по биотехнологиям микроводорослей начались на фоне обострения международной обстановки в 1960-е годы прошлого века.

Доктор биологических наук Дмитрий ЛОСЬ (на снимке) из Института физиологии растений им. К.А.Тимирязева РАН и его коллеги изучают микроводоросли и адаптируют их для нужд человека. Исследования по проекту «Продукты липидного обмена и вторичного метаболизма микроводорослей и цианобактерий для биотехнологии» поддержаны грантом Российского научного фонда.

Как рассказал «Поиску» Дмитрий Анатольевич, основные работы по биотехнологиям микроводорослей начались на фоне обострения международной обстановки в 1960-е годы прошлого века. Они были ориентированы на разработку систем жизнеобеспечения человека в помещениях закрытого типа, то есть в космических кораблях, на подводном флоте и в бомбоубежищах, где углекислоте, которую надышал человек, некуда вылетать, отходы жизнедеятельности некуда девать, а при этом еще нужна пища, богатая белком, углеводами и липидами, для получения которых нужны микроводоросли.

- В России, к сожалению, как таковая биология микроводорослей развивается не очень интенсивно, и занимаются этими проблемами разве что несколько энтузиастов и 5-6 лабораторий в академических институтах или вузах. - сказал ученый. - За рубежом же уже существуют государственные программы по исследованию биологически активных веществ из водорослей, а также по применению этих микроорганизмов для получения биотоплива третьего и четвертого поколений.

- А в какой промышленности востребованы микроводоросли?

- Во-первых, это нужды медицины. Из микроводорослей получают массу интересных соединений. Например, используют для синтеза стабильных изотопов. Скажем, вместо обычной воды микроводоросли можно «поить» водой дейтерированной (не H₂O, а D₂O). Соответственно, после адаптации все соединения, имеющиеся в этих водорослях, будут мечены дейтерием. Или можно продувать микроводоросли смесью, содержащей изотопы CO₂ или азота, соответственно, получим соединения, помеченные стабильными изотопами углерода или азота, которые используют для молекулярной медицинской диагностики.

Кроме того, микроводоросли - продуценты антиоксидантов, различных пигментов: бета-каротина, астаксантина, фукоксантина и многих других полезных веществ, которые вряд ли где еще можно найти

в необходимом количестве. Например, дуналиелла солонowodная (вид одноклеточных зеленых водорослей, обитающих преимущественно в соленых морях, например, в Мертвом море, где встречаются лишь немногие микроорганизмы, устойчивые к гиперсоленым условиям) - известный продуцент бета-каротина, синтезирующий его на несколько порядков больше, чем всем известная морковь.

Среди микроводорослей, культивируемых в массовых масштабах, наиболее известны микроводоросль хлорелла и цианобактерия спирулина. Они используются для разных целей, в частности, как пищевая добавка. Хлорелла побывала в космосе, где ее свойства активно исследовали. Сейчас на орбитальных станциях биологические системы регенерации воздуха почти не применяют, поскольку рентабельнее химические. Однако если длительность полета будет составлять два-три года без возможности доставки с транспортных кораблей, то в дальний космос полетят именно микроводоросли.

Хлореллу и спирулину можно есть и пить человеку и животным - без дополнительной обработки. Хлорелла, выращенная в стандартных условиях, очень богата белком и может быть использована в качестве спортивного питания. Липидный состав хлореллы мало отличается от оливкового или подсолнечного масла. Спирулина, напротив, имеет в составе липидов достаточно редкую гамма-линоленовую кислоту (ГЛК). К сожалению, спирулина не запасает триглицериды, поэтому получение масла из этих клеток затруднительно. Но поскольку ее можно есть целиком, доставка полезных веществ из этих цианобактерий в организм человека и животных происходит беспрепятственно. Основным ферментом биосинтеза ГЛК является дельта-6 десатураза жирных кислот. Этот фермент имеется у человека и у большинства млекопитающих. А вот, например, у кошек отсутствует. Поэтому в диете котят с самого раннего возраста должна присутствовать ГЛК, являющаяся предшественником арахидоновой кислоты, без которой невозможно формирование нормальной мускулатуры и мембран клеток внутренних органов. К слову, арахидоновая кислота относится к классу длинных (20 атомов углерода и 4 двойных связи) омега-6 полиненасыщенных жирных кислот.

А вот длинные омега-3 полиненасыщенные кислоты входят в состав множества диет и рекомендованы в качестве обязательных для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, тромбозов, для нормализации работы нервной системы. Прием внутрь полиненасыщенных жирных кислот успокаивающее действует на человеческий организм. Ложка красной икры - прекрасный успокоитель.

По словам Д.Лосья, с начала 1960-х годов ведутся исследования механизмов биосинтеза многих соединений. Сегодня ученые берут гены микроводорослей с определенными качествами и переносят их в высшие растения, которые можно массово выращивать на полях, иными словами, получают трансгены, которые годятся людям в пищу.

- Микроводоросли и их производные востребованы сельским хозяйством?

Перспективы

Про ценность продуцентов

Микроводоросли обогатят диету россиян

Подготовил Андрей СУББОТИН

► Микроводоросли - это пресноводные и морские микроорганизмы, состоящие из одной клетки. Раньше цианобактерии тоже называли синезелеными водорослями, но потом ученые решили, что раз они не имеют ядра, то пусть остаются бактериями. Поэтому сегодня, говоря о водорослях, исследователи имеют в виду одноклеточные, но эукариотические (содержащие ядро) организмы.

Микроводорослей много: зеленых, красных, золотистых, диатомовых (имеющих панцирь из кремния). Их многообразие можно сравнить с обилием видов насекомых. Размножаются микроводоросли путем деления. Интерес к ним возник потому, что они могут синтезировать огромное количество соединений, производить длинные омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты, которые, попадая в организм человека с пищей, годятся для начала синтеза различных нейромедиаторов. Эти соедине-

ния, в свою очередь, регулируют процессы формирования нервной системы, передачи нервных сигналов, а также свертывание крови и многие другие сложнейшие процессы. Самостоятельно организм человека такие кислоты синтезировать не может. Для того чтобы он их получал, нужно принимать, например, рыбий жир. Но и сами рыбы не могут произвести эти кислоты. Их синтезируют микроводоросли, а уже через пищевые цепочки эти полезные соединения попадают в организм человека.

- Микроводоросли хороши тем, что сами не занимают пахотных площадей и это, как правило, быстро размножающиеся объекты. Биомассу можно получать практически в неограниченных количествах. Правда, при этом нужно затратить большое количество энергии. Существует открытое производство микроводорослей, использующее солнечный свет, и закрытое - с замкнутыми фотобиореакторами и искусственным освещением. В том и в другом случаях есть свои плюсы и минусы.

Допустим, для нужд медицины требуется получать строго определенные вещества. Тогда имеет смысл нести существенные затраты и выращивать это все в асептических биореакторах с искусственным освещением (расходуем больше энергии, но цикл короче, и гарантирована чистота полученного сырья). Если же задача - просто получение биомассы, то выгоднее задействовать площади открытых водоемов и солнечный свет. Но тогда в этой биомассе наверняка будет много посторонних примесей.

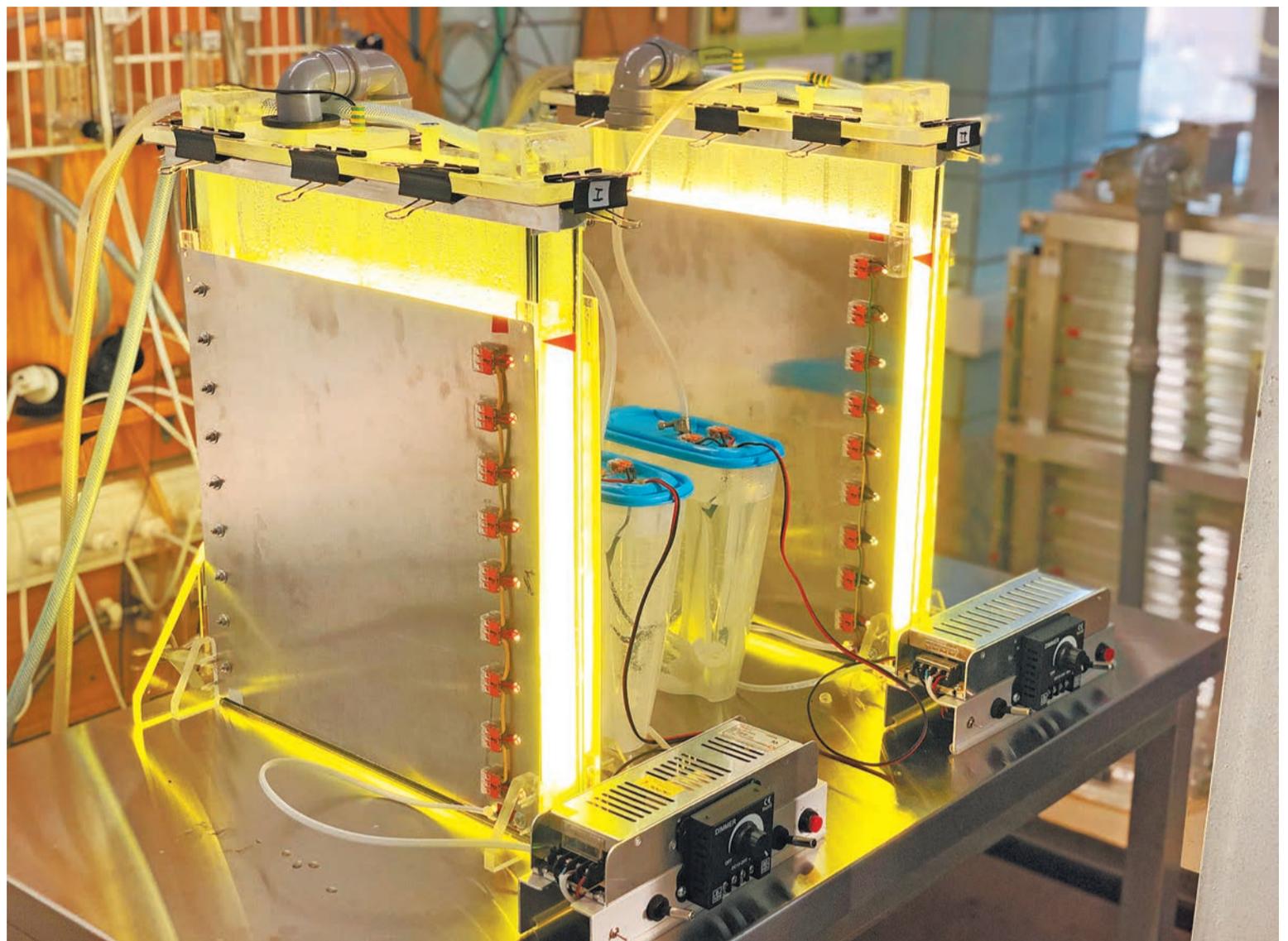
- Проект направлен на изучение липидного обмена и вторичного метаболизма микроводорослей и цианобактерий - потенциальных продуцентов биологически активных соединений. Это безбрежное море вариантов?

- Да. Микроводоросли удивительны тем, что их метаболизм очень пластичен. Например, есть продуценты полиненасыщенных жирных кислот, таких как арахидоновая и эйкозапентаеновая. В организме человека они действуют как антагонисты. Арахидоновая омега-6 кислота является предшественником простагландинов, лейкотриенов и тромбоксанов. Простагландины регулируют сокращение гладкой мускулатуры, лейкотриены являются мощными бронхоконстрикторами, тромбоксаны способствуют агрегации тромбоцитов, сужают сосуды и повышают артериальное давление.

Эйкозапентаеновая и докозагексаеновая кислоты относятся к классу омега-3 полиненасыщенных жирных кислот. Это самые популярные биологически активные добавки, которые на этикетках обозначаются как EPA и DHA (от английских названий этих кислот). Эти кислоты входят в состав биологических мембран, они регулируют деятельность нервных клеток, способны снижать депрессию и нормализовать настроение. Они обладают противовоспалительным действием, уменьшают риск развития заболеваний сердца и кровеносных сосудов.

Съедобные виды микроводорослей используют как пищевые добавки, в том числе в корма для животных и птиц. Например, хлореллу применяют при выращивании бройлеров (за счет каротиноидов желтки яиц подучаются более яркими, и это не искусственные красители). Та же хлорелла хороша для питания крупного рогатого скота. Клеточная стенка хлореллы очень прочная, но хорошо переваривается в трехкамерных желудках КРС.

В косметике активно используют микроводоросли для изготовления различных паст для масок и добавок в крема или помады. Диатомовые водоросли, покрытые кремниевой оболочкой, применяются в качестве натуральных скрабов. Некоторые микроорганизмы обладают удивительным заживляю-



щим эффектом и используются как противоожоговые средства. Еще в 1980-е годы в Болгарии было производство пластырей на основе спирулины, которые применялись при лечении ожогов. Ими даже оснащали аптечки пожарных. До сих пор никто не смог определить конкретное вещество или сочетание веществ, оказывающих такой эффект, но клетки спирулины активно используют в косметологии после пластических операций.

- Сегодня очень популярна тема биотоплива...

- Современное биотопливо - это либо спирты, либо углеводороды.

природных штаммов. С другой стороны, можно и нужно создавать такие штаммы микроводорослей или цианобактерий, которые обладают суперпродуктивностью в отношении определенных соединений, и для этого применять генно-инженерные технологии.

В 2013 году мы выделили природный штамм, который производит только короткие мононенасыщенные жирные кислоты в огромном количестве. Он идеален для производства биодизеля. Такие работы ведутся не только нами, но и многими институтами, но не все охотно делятся своими

данные, для эукариот - сложнее. Так или иначе, сначала надо расшифровать геном. После этого мы узнаем все, что кодируется в этом геноме. Путем биоинформационного анализа можно выявить биоактивный потенциал организма - генные кластеры синтаз, которые способны синтезировать токсины, разнообразные ингибиторы, антибиотики или бактерицидные агенты, противовирусные пептиды и т. д. После этого начинается этап экспериментальной проверки обнаруженных генов и их кластеров на биологическую активность их продуктов. Это большая работа, требующая объединения усилий

потенциальных продуцентов биологически активных веществ.

- Есть обнадеживающие результаты в этой области?

- Мы сконструировали несколько вариантов фотобиореакторов - плоскопараллельных вертикальных и горизонтальных; несколько реакторов других типов, определили их эффективность, т. е. стоимость энергозатрат, скажем, на 1 кг полученной биомассы. В прошлом году мы отработали технологию интенсивного культивирования хлореллы в закрытых фотобиореакторах для пилотного производства биомассы. Что не менее важно, выяснили условия масштабирования производства. Начиная с лабораторных 5 литров, мы увеличили объем культивирования до 70 литров без снижения продуктивности. Если обозначить все в цифрах, получится следующая картина: начинаем цикл культивирования в объеме 50 мл в стеклянной колбе, это примерно 0,5 грамма сухой биомассы микроводорослей. Потом сей инокулят переносим в 5-литровый ФБР, потом в 70-литровый. Один цикл культивирования занимает 12 дней, на выходе мы имеем около 200 граммов сухой биомассы. То есть 400-кратный прирост. В этом году мы делаем 100-литровые модули, готовимся к их испытанию и оценке продуктивности, планируем пустить их в серию и использовать для промышленного производства биомассы.

Технология культивирования биотоплива хорошо встраивается в процессы утилизации отходов и востребована в замкнутых системах жизнеобеспечения. Грант рассчитан до конца 2024 года, еще многое предстоит сделать. ■

“ Существуют открытое производство микроводорослей, использующее солнечный свет, и закрытое - с замкнутыми фотобиореакторами и искусственным освещением.

Уголь, газ, нефть, торф - продукты выдержки растений сроком в сотни миллионов лет. Чтобы сэкономить время и получить биотопливо, нужно потратить некоторое количество энергии. Сегодня на единицу энергии, которую мы получаем, нужно затратить 5-6 единиц уже имеющейся энергии, то есть процесс не рентабелен. Но технологии развиваются. Так, в 2014 году появились американские статьи о том, что можно получить биобензин по 25 центов за литр. Для РФ это фантастические цены.

Отмечу, что очень важно использовать все возможности биотехнологий, например, культивирование

знаниями. Так или иначе, это технологии будущего.

Сейчас мы работаем с микроводорослями - продуцентами омега-3 полиненасыщенных жирных кислот, к которым, в частности, относятся вышеупомянутые эйкозапентаеновая и докозагексаеновая кислоты, обладающие биологической активностью.

- Для определения потенциальных биологически активных соединений все чаще используются методы полногеномного секвенирования и так называемого геномного майнинга. Что это такое?

- Для начала надо определить полную геномную последовательность организма. Для бактерий это про-

дукции, физиологов, биохимиков, молекулярных биологов, биоинформатиков, технологов и инженеров.

Наш проект, поддерживаемый РФФИ, направлен на изучение липидного состава микроводорослей и цианобактерий, а также на разработку технологий получения уникальных композиций масла пищевого и медицинского назначения.

Также нашей группой ведется разработка новых экономичных фотобиореакторов (ФБР) закрытого типа на основе светодиодного освещения и эффективных контроллеров температуры для лабораторного и массового культивирования микроводорослей и цианобактерий - по-