

An hourglass-shaped graphic with a light blue background. The top bulb contains a stylized Earth with green continents and blue oceans. The bottom bulb contains a golden, 3D-rendered city skyline. A stream of golden particles flows from the Earth down to the city. A green horizontal bar is positioned to the left of the narrow neck of the hourglass.

БИОТЕХНОЛОГИИ

За последнее столетие человечество создало столь мощные инструменты воздействия на природу, что биосфера оказалась поставлена на грань серьезнейшей деформации, которая может сделать невозможной дальнейшую жизнь человека

ЕСТЬ ЛИ У ЧЕЛОВЕЧЕСТВА БУДУЩЕЕ

БЕЗ БИОСФЕРЫ?

Человечество подошло к черте, за которой ему, возможно, не будет места. Что произойдет, если погибнет биосфера? Пустая выжженная земля, техногенная цивилизация? Этого мы не знаем, понятно лишь, что это уже не выдумки фантастов и не далекие прогнозы футурологов. Однако, по мнению ученых, этой участи можно избежать. Каким образом — рассказывает начальник отдела биотехнологий и биоэнергетики Курчатовского комплекса НБИКС-технологий НИЦ «Курчатовский институт» доктор биологических наук, профессор **Раиф Гаянович Василев**.

— **Раиф Гаянович, чем конкретно занят ваш отдел?**

— Мы занимаемся созданием природоподобных технологий — тем, что сегодня признано одним из важнейших направлений биотехнологии и биоэнергетики как ее интегральной части. Сегодня мир приходит к пониманию того, что биологические ресурсы планеты, длительное время испытывавшие мощное техногенное и антропогенное воздействие, практически исчерпаны. Только за последнее столетие человечество создало столь мощные инструменты воздействия на природу (в первую очередь, с целью выработки энергии в огромных масштабах), что биосфера оказалась поставлена на грань серьезнейшей деформации, которая может сделать невозможной дальнейшую жизнь человека.

— **Откуда такие данные?**

— Недавно было опубликовано исследование группы экспертов, которое показало, что общий вес созданной человеком техносферы (материальных объектов) составляет около 30 трлн т. Это на порядок превышает общее количество органической массы в виде образованной всеми живыми организмами материи, включая самого человека за весь период его существования. Сегодня порядка 60% территории суши настолько активно задействовано человеком в его деятельности, что биоте —

совокупности представителей животного и растительного мира — фактически не остается места.

И еще один показательный факт. Важно, чтобы человек во избежание серьезных нарушений в балансе биосферы использовал не более 1% всей биоты. Сейчас, согласно имеющимся оценкам, человеком напрямую потребляется до 10% биоты, то есть на порядок больше. Как результат, невиданными, беспрецедентными темпами идет сокращение биоразнообразия, стремительно падает количество видов.

Наконец, глобальные изменения климата, связанные с повышением температуры, ростом концентрации углекислого газа в атмосфере, усиливающимся парниковым эффектом и другими явлениями, ведут к интенсивному таянию арктических льдов, затоплению гигантских территорий. Для нашей страны последствия будут также крайне негативными: произойдут таяние вечной мерзлоты и высвобождение клатратного метана. Одновременно будет наблюдаться опустынивание территорий. Процесс уже идет: на наших глазах фактически исчезло целое море — Аральское.

— **Почему считается необходимым развивать именно природоподобные технологии?**

— По нескольким причинам. Во-первых, такие технологии основаны на использовании

возобновляемых ресурсов, то есть не нарушают кругооборота веществ в природе. Во-вторых, такие технологии отличаются чрезвычайными экономичностью и эффективностью. Классический пример — мозг человека, который с точки зрения энергопотребления примерно в 1 трлн раз более эффективен, чем все компьютеры, существующие на сегодня. Человек, если сравнивать его с электрическим устройством, имеет оцененную суточную мощность примерно 140–150 Вт. Если же мы представим себе, что все функции человеческого организма будет выполнять робот, при нынешнем уровне развития технологий ему потребуются для этого гигантские энергозатраты, которые возможно покрыть разве что работой целой атомной станции. Это свидетельствует о том, что природа располагает очень эффективными технологиями, которые она создавала и совершенствовала на протяжении сотен миллионов лет эволюции, и нам сейчас для того, чтобы выжить, нужно учиться у природы. Альтернативный вариант — техносферная цивилизация, с неизбежностью ведущая к диссонансному развитию человечества и системному кризису.

Исследования, которыми занимаются в комплексе НБИКС-технологий НИЦ «Курчатовский институт», как раз и нацелены на создание таких природоподобных технологий. Причем они осуществляются на стыке наук и требуют тесного междисциплинарного взаимодействия.

— Приоритет ваших исследований — энергетика. Какие здесь сделаны шаги?

— В нашем отделе работа сконцентрирована на нескольких направлениях поиска, изучения и разработки подобных технологий. Но в приоритете действительно энергетика. Энергия — это основа жизни. На Земле вся энергия, благодаря которой существует биосфера, живут человек и другие организмы, — это энергия Солнца. Благодаря фотосинтезу и такому гениальному изобретению природы, как сине-зеленые водоросли — цианобактерии, появились атмосфера, кислород, а затем начала образовываться и накапливаться биомасса, ставшая вторичным источником энергии и строительным материалом для всех других живых существ.

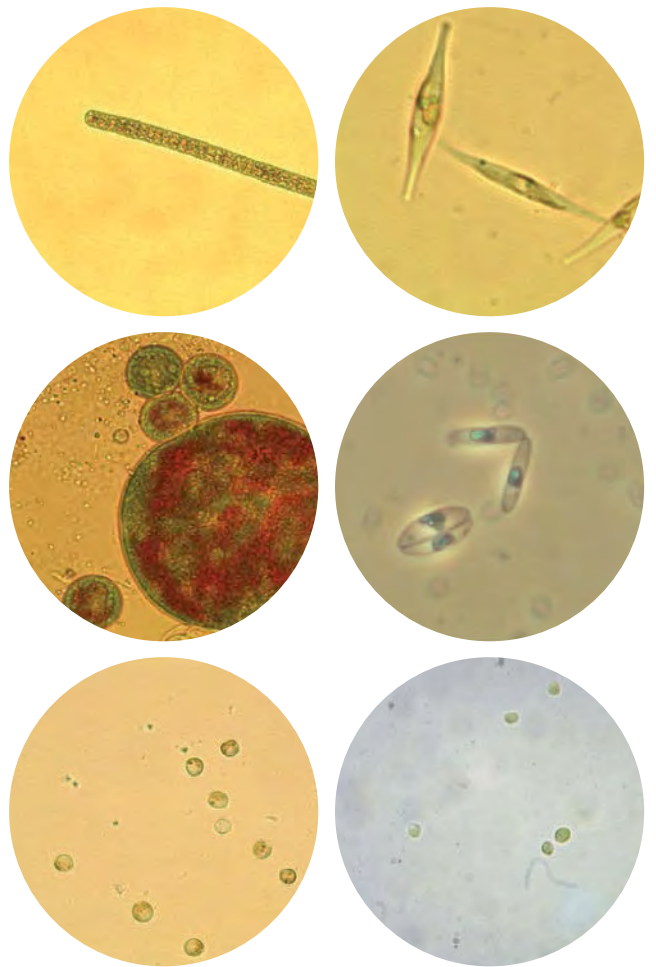
Наша задача — понять, каким образом осуществляются фундаментальные энергетические процессы в живых системах, и, соответственно, использовать их для решения конкретных задач.

Одна из проблем, над которыми мы работаем, — использование метаболической энергии живых организмов для получения электричества. Известно, что электричество — это главный энергетический ресурс, на котором основана работа всех изобретенных человеком устройств и приборов. Поэтому есть соблазн использовать энергию метаболических или биохимических реакций, происходящих во всех живых организмах, для получения электричества, за счет которого можно решать

различные прикладные задачи, в частности обеспечение электроэнергией имплантируемых медицинских устройств (кардиостимуляторов, микрочипов, систем доставки и т.д.).

Практически это может быть осуществлено следующим образом. Например, используется фермент глюкозооксидаза, который иммобилизуется на основе специального электрода. С помощью этого фермента производится реакция окисления глюкозы с выделением электронов, которые передаются на электрод, и протонов, которые остаются в среде, то есть по сути реализуется та же самая реакция окисления глюкозы, которая происходит на внутренней мембране митохондрий. На другом электроде происходит реакция образования молекул воды с использованием электронов, протонов и кислорода, в результате чего электрический ток поступает от одного электрода к другому. И этот электрический ток мы можем использовать для электроснабжения различных устройств.

— Вы говорите, что до природы нам еще очень далеко. Как будут выглядеть попытки ее догнать?



Фототрофные микроорганизмы (микроводоросли и цианобактерии) под микроскопом

— Для этого важно понять принцип устройства природных систем. Дело в том, что в биологических системах, в отличие от искусственных, основную работу выполняют так называемые молекулярные машины. Когда мы в свое время говорили «нанотехнологии», «нанодвигатели», «наноструктуры», мы думали, что речь идет просто о наноразмерности. Сегодня становится понятно, что главные жизненные функции природы осуществляются именно на уровне сложных молекулярных конструкций (наномашин), которые способны трансформировать энергию и выполнять механическую работу.

Важнейшая задача, к которой мы сейчас приступаем, — изучение того, что служит источником энергии для работы, выполняемой молекулярными машинами, и каким образом они осуществляют трансформацию этой энергии. Принципиальное отличие живых систем от созданных человеком устройств — их исключительная энергетическая эффективность. Если КПД используемых сегодня генераторов — 30, 40 или даже 50%, то в живых системах трансформация энергии, например электрохимического градиента протона в химическую энергию АТФ или в выполняемую механическую работу, осуществляется с коэффициентом полезного действия 98–100%. Фактически это бездиссипативная трансформация энергии из одной формы в другую.

— Знаю, что вы занимаетесь новым направлением — протонной энергетикой. Чем она отличается от других видов энергетик?

— Важно подчеркнуть, что это не водородная, а именно протонная биоэнергетика. Когда мы начали обсуждать этот вопрос с коллегами, возник термин «высокоэнергетический протон». Но этот термин уже используется специалистами, которые разгоняют протоны в различных ускорителях, служащих в том числе для медицинских целей. С другой стороны, по своей сути наш протон также может быть назван высокоэнергетическим, только имеющим другую специфику — он работает в биологических системах и обеспечивает их чрезвычайно высокую эффективность. Изучение этого процесса и составляет предмет исследований нашей команды, в которую входят представители целого ряда организаций.

— Вы уже сделали какие-то шаги в этом направлении?

— В настоящее время экспериментально показано наличие мембраносвязанных протонов с высоким электрохимическим потенциалом, исследованы условия их образования. Имеются представления о том, как создать энергетическую систему, основанную на генерации, хранении и использовании протонов. Предстоит разработать фактически новое направление биоэнергетики — протонику.

Второе направление, которым мы занимаемся, — это использование биомассы, в том числе



Начальник отдела биотехнологий и биоэнергетики НИЦ «Курчатовский институт» Р.Г. Васильев

специально выращиваемой, для дальнейшей переработки с получением различных видов биологического топлива и разнообразных полезных продуктов — биологически активных веществ. В качестве источника сырья мы используем специальные микроводоросли, которые культивируем в закрытых системах — фотобиореакторах.

— Что это за водоросли?

— Это могут быть водоросли различных видов, например хлорелла, артротспира, хламидомонада, нанохлоропис и другие.

— Разве не хлорелла — та самая ядовитая водоросль, которая погубила Байкал?

— Нет. Там речь идет о цианобактериях (сине-зеленых водорослях) и спиригире (нитчатой водоросли). Мы их не культивируем, хотя и из них можно получать биотопливо. Если говорить о Байкале, мы готовим целую программу по участию в спасении экологии озера. Главная проблема там имеет антропогенно-техногенный характер: это минеральные удобрения, которые в результате хозяйственной деятельности человека попадают в воду, и таким образом создается чрезвычайно благоприятная среда для размножения различных организмов. Поэтому экологические мероприятия в первую очередь должны быть направлены на снижение или полное прекращение попадания в воду Байкала всех этих вредных веществ.

С другой стороны, так как вдоль береговой линии образуется огромное количество гниющей и разлагающейся биомассы, ее целесообразно собирать и утилизировать. Для этого мы готовы предложить свои технологии переработки с получением разных полезных продуктов, и прежде всего энергии.

Третье, о чем можно говорить, — это разработка и применение более сложных подходов и методов, рассчитанных на долгосрочный эффект и направленных непосредственно на борьбу с самими организмами, представляющими опасность для экосистем водоемов. Эта проблема актуальна не только

для Байкала, но и для всех природных резервуаров воды, в том числе российских. В результате развития гидроэнергетики она становится все более острой для многих крупных рек, например для Волги. Этим надо очень серьезно заниматься.

— **Вернемся к биотопливу.**

— Мы сейчас разрабатываем технологии получения некоторых видов биотоплива (биодизеля, биокеросина) для транспортных целей. Актуальность этой проблемы трудно переоценить. В первую очередь ее надо рассматривать в контексте развития низкоуглеродной энергетики. Мы уже говорили о необходимости сохранения биосферы, снижения использования ископаемых видов топлива, о максимальном переходе на возобновляемые источники энергии. Это шаг в нужном направлении. С другой стороны, это еще и развитие инфраструктуры, что позволяет одновременно решать проблемы освоения и обустройства территорий.

Нельзя не упомянуть также о том, что во всем мире интенсивное развитие биотопливной и биоиндустриальной отрасли рассматривается как мощнейший инструмент развития сельского хозяйства, выращивания биомассы для ее последующей переработки и использования.

— **То есть здесь существуют факторы экологические, экономические и энергетические...**

— Именно так. Сегодня такие технологии есть. В последнее время мы занялись проблемой авиационного биотоплива (биокеросина). Эта технология получила особую актуальность после подписания в 2015 г. Парижского глобального соглашения по климату, когда мировое сообщество признало реальной угрозой изменения климата и включилось в разработку эффективных мер по уменьшению выбросов CO₂. В частности, для авиации, на которую приходится примерно 12% транспортных выбросов углекислого газа, переход на биотопливо определен как единственный существенный способ сокращения эмиссии. Ясно, что нельзя полностью перейти, скажем, на электросамолеты, — это затратно и технологически пока неисполнимо, а вот на биотопливо перейти можно. Произведенное на основе различных видов сырья (растительной биомассы, отработанного кулинарного жира, водорослей и др.), по своим физико-химическим свойствам оно фактически ничем не отличается от обычного керосина, зато его использование решает проблему поддержания оптимального баланса атмосферного диоксида углерода.

Сегодня практически во всех развитых странах есть собственные национальные программы перевода авиации на биотопливо. В некоторых странах (США, Германии, Канаде, Финляндии и др.) выполняются уже и коммерческие рейсы. По прогнозам Международного энергетического агентства, в 2018 г. в мире будет запущено достаточное количество промышленных объектов по промышленному производству авиационного биотоплива, которое

Концепция автономного жизнеобеспечения



в общем объеме потребления по разным сценариям составит до 30%, а примерно с 2020 г. в международных авиаперевозках ожидается введение ограничительных мер, направленных на стимулирование использования авиационного биотоплива в смеси с традиционным авиакеросином.

Для нашей страны создание технологий и организация производства авиационного биотоплива — вполне реальная перспектива, и сегодня в рамках руководимого НИЦ «Курчатовский институт» объединения, которое называется «Технологическая платформа "Биоэнергетика"», мы сформировали научно-технологический консорциум из ряда ведущих институтов, профильных организаций и предприятий, которые имеют опыт и компетенции для решения этой проблемы. Консорциум ставит задачу в течение трех лет создать отечественную технологию производства авиационного биотоплива из различных видов биомассы.

— **А что за автономная энергетика, которой вы занимаетесь?**

— Это третье направление, по которому мы сегодня работаем. Речь идет именно о комплексном использовании различных видов возобновляемых источников энергии для энергообеспечения целых поселений. Тема эта актуальна в первую очередь для труднодоступных территорий, для сельской местности, где нет централизованного энергоснабжения, где подвоз солянки, мазута, угля — это и затратно, и долго, и ненадежно. В то время как прямо на месте имеются все необходимые ресурсы для получения энергии — биомасса, торф, вода, солнце, ветер и т.д.

Мы подготовили интересный проект под условным названием «Биоэнергетическая деревня» и сейчас запускаем его в нескольких регионах нашей страны. Проект комплексный, так как он связан не только с энергетическими аспектами, но и с организацией социума. В проекте предполагается широкое участие различных категорий граждан — на уровне органов местного самоуправления, заинтересованных предприятий и организаций, да и просто активных жителей. Важно то, что эффект от реализации проекта отразится на снижении затрат на коммунальные расходы, на появлении новых промышленных и социальных объектов, а значит и рабочих мест, причем в ряде случаев это будет высокотехнологичное производство. Произойдет значительное оживление социальной жизни: проект обеспечит определенный уровень самостоятельности, независимости, свободы — экономической, энергетической и т.д. Это непременно повлечет за собой и повышение качества жизни: коммуникационные технологии, новая медицина, образование. Надеюсь, такие поселения нового типа появятся в стране в самое ближайшее время.

— Каким конкретно регионам так повезло?

— Пока инициированы единичные проекты в Красноярском крае, Кировской и Архангельской областях. Этот процесс только начинается. В него будут вовлекаться и другие регионы страны.

— Как все то, что вы рассказываете, согласуется с принципами ноосферогенеза В.И. Вернадского?

— Когда В.И. Вернадский разрабатывал свою концепцию ноосферы, «сферы разума», он не мог предвидеть того масштаба техногенного воздействия, которое фактически произошло к настоящему времени. Он исходил из того, что планетарная мысль становится геологической силой, она преобразует природу, и дальше цивилизация «культурного человечества» продолжит свое развитие в полной гармонии. Но, к сожалению, этого не случилось. Сегодня ясно, что человек должен многое сделать, чтобы предотвратить глобальный климатический, экологический, биосферный коллапс. Вопрос в том, хватит ли, во-первых, сил и ресурсов, во-вторых, времени. Преодоление биосферной деградации — многофакторный инерционный

процесс, как быстро и насколько успешно он будет развиваться, мы не знаем. При этом он накладывается на изменения, на которые мы не в состоянии повлиять, — скажем, ту же активность Солнца и неизученные космические процессы. Но уже сегодня мы можем говорить, что почти пересекли грань, за которой возможность создания мира гармонии человека и природы становится совершенно иллюзорной. Поэтому у нас не остается времени на раздумья, необходимо действовать.

Кстати, кто сказал, что именно человек должен венчать эволюцию? Может быть, на смену биосферной цивилизации придет техносферная. Вполне возможно, что техносферная цивилизация будет значительно отличаться от того, как мы ее сегодня себе представляем, по привычке определяя человеку центральное положение. Скорее всего, человека там не будет вообще.

— Но техносфера пока не обладает разумом.

— Пока нет. Ключевое слово — «пока». Так что ноосфера — это замечательно, но лишь в том случае, если мы сохраним биологическую основу человека и биосферу как ее базис. Если биосфера будет разрушена, человек исчезнет.

— Значит, если вам и вашим коллегам не удастся осуществить эти сценарии, мы все обречены?

— Я бы сказал иначе: если нам всем вместе, человечеству, не удастся это сделать. Сегодня становится понятным, что это дело всех и каждого. Каждый человек, независимо от рода занятий, должен задуматься: а что он оставит своим детям или внукам? Выжженная земля останется, если об этом не думать.

— Что нужно делать обычному человеку, не ученому, не экологу, чтобы соответствовать высокому духу этих устремлений?

— Все очень просто: необходимо ответственное поведение в жизни. Фактически нынешний коллапс, к которому мы пришли, — это тупик потребительского общества. Когда-то считалось, что чем больше потребляешь, тем лучше. Многие по привычке и сейчас так живут. Но это в корне неверно. Хотя речь не идет и о другой крайности — о полном аскетизме и отказе от материальных благ. Смысл — в разумном самоограничении, уважительном отношении к жизни, к окружающим, к самим себе, к природе, к ресурсам. Недавно же, когда мы путешествуем по миру, часто видим в гостинице надписи: «Подумайте: возможно, вы сможете еще раз использовать это полотенце» или «Подумайте, прежде чем на полную мощность открывать кран». В нашей стране такой культуры, к сожалению, пока нет. Но каждый человек должен начинать думать о том, что от него, пусть в малой степени, зависит наше общее благополучие на Земле. ■

Беседовала Наталия Лескова