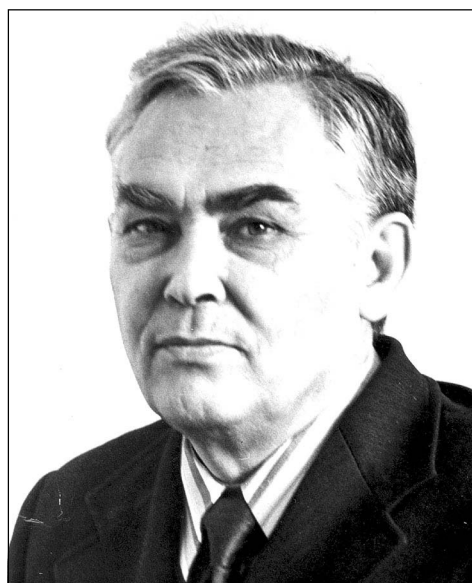


## ЮБИЛЕЙ ИНСТИТУТА

# «Биофизика есть физика мягкого тела»

В этом году Институту биофизики СО РАН исполнилось 30 лет. Возраст для академического учреждения небольшой, но у института есть и славное прошлое, и яркие проекты сегодняшнего дня, и амбициозные планы на будущее. О достижениях и планах красноярских биофизиков мы решили поговорить с директором института, чл.-корр. РАН Андреем Георгиевичем Дегерменджи.



— Андрей Георгиевич, мы начинаем разговор об Институте биофизики СО РАН, и многие наверняка вспомнят замкнутую систему жизнеобеспечения «БИОС». Эксперименты, которые начались ещё в Институте физики СО РАН под руководством академиков Л.В. Киренского и Н.А. Терскова. Собственно, Институт биофизики СО РАН и был создан в какой-то мере под развитие этих систем. БИОС сегодня — это яркое прошлое? Или, как говорится, «ещё не вечер»?

— Безусловно, это яркое прошлое. И мы должны ценить вклад исследователей, в кратчайшие сроки создавших замкнутую систему жизнеобеспечения «БИОС-3». Вдумайтесь: путь от идеи и создания первой системы «БИОС-1», которая состояла из водорослевого культиватора и одного человека, до такой совершенной по тем временам искусственной экосистемы с высоким замыканием массообменных процессов, как «БИОС-3», был пройден за 7 (!) лет. Это кажется невероятным — даже по сегодняшним меркам. Сегодня с нами, к сожалению, уже нет многих, без кого создание системы было бы невозможно. Леонид Васильевич Киренский, Иван Александрович Терсков, Генрих Михайлович Лисовский, Борис Григорьевич Ковров — вклад многих учёных и инженеров в создание БИОСа нельзя переоценить.

После перестройки многие научные работы стали невостребованными, и интерес к системе жизнеобеспечения на время упал. Когда меня в 1996 году избрали директором института, вопрос стоял остро — демонтировать систему полностью или использовать средства из финансирования других проектов для её поддержания и проведения хоть каких-то работ в этом направлении. После долгих споров мне удалось убедить Учёный совет, что у исследователей систем замкнутого жизнеобеспечения есть будущее. И действительно, второе дыхание эти работы обрели с нормализацией экономической обстановки в России. Стал расти интерес к нашим исследованиям и за рубежом. Появились гранты Европейского космического агентства, недавно выигран большой грант в рамках Европейской рамочной программы FP7. Задача этого проекта столь интересна, что надеемся замкнутая система жизнеобеспечения вновь станет одним из научных «локомотивов» института.

Если говорить о научных задачах, которые стоят перед учеными института в области развития систем жизнеобеспечения, то главная — всё та же: повышение коэффициента замыкания. Когда мы начинаем учитывать все химические элементы, которые нужны растениям и человеку, то получается, что есть соединения, для которых очень трудно организовать круговорот. Например, NaCl. Жидкие выделения человека содержат много солей, и напрямую поглощать их растения не могут. С другой стороны, в биомассе растений нет того количества соли, которое нужно человеку. Что делать? Оказывается, существуют такие растения — солеросы, которые могут расти на очень соленых растворах и накапливать в себе соль. Есть виды, в биомассе которых содержание соли достигает 50%. То есть такое растение наполовину состоит из соли. В шутку мы его называем «солёный огурец на грядке». Используя такие виды, можно повысить замкнутость системы. Нужно для еды соединение будет накапливаться в растениях, потребляться в пищу человеком, выделяться в виде жидких отходов и вновь поступать в растения уже в очищенном виде.

Для того, чтобы повысить коэффициент замыкания, нужно учиться перерабатывать

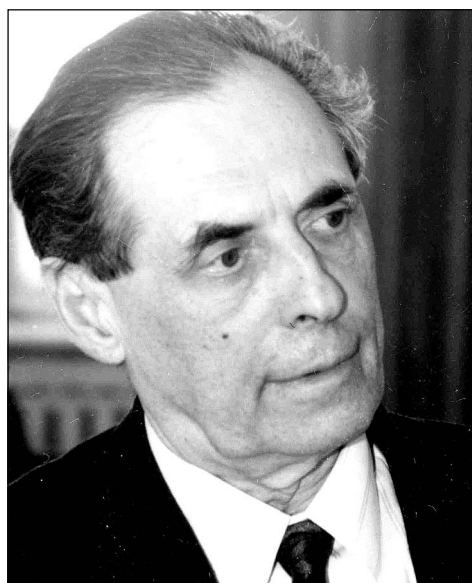
и другие несъедобные части растений. Сейчас, как это ни странно, мы вновь вернулись к почве. Сначала-то мы, наоборот, изгоняли её из системы. Всем казалось: раз в почве много микроорганизмов, то они начнут размножаться и будут угрожать здоровью человека. Но оказалось с точностью до наоборот: где почва есть, там микроорганизмов в воздухе мало. Они поглощаются почвой и в каком-то смысле контролируются ей. Сейчас мы работаем над так называемой искусственной почвой, или почвоподобным субстратом. Также заканчиваются эксперименты по физико-химической технологии разложения органических веществ до минеральных, которые могут вновь возвращаться в виде солей для роста растений. Проф. Ю.А. Куденко — автор этой замечательной новинки, основанной на окислении органики перекисью водорода в переменном электромагнитном поле, провел сотни опытов по оценке эффективности разложения органических несъедобных остатков растений и твёрдых выделений человека. Пока результаты выглядят достаточно обнадеживающими в плане приближения к 100-процентному замыканию.

Ещё одна идея, предложенная «отцом» системы БИОС-3 академиком И.И. Гительзоном — создание трансгенных растений, способных синтезировать часть животных белков. Институт медико-биологических проблем РАН — наш партнер в медицинском контроле здоровья бionaвтов — мог бы считать минимальную диету по этим белкам как основу для трансгенной компоновки растений. Исполнительный директор Международного центра замкнутых экосистем проф. А.А. Тихомиров уже провел ряд обсуждений с ведущими российскими специалистами, и теперь решение этой важнейшей проблемы — дефицита животных белков — переходит в ранг исследований. Видимо, в трансгенную тематику необходимо будет добавить работы и по другим не синтезируемым человеком и растениями веществам, например, полиненасыщенным жирным кислотам.

— То есть вы работаете над системами жизнеобеспечения применимыми к межпланетным полетам, для строительства жилых комплексов на Луне, Марсе...

— Не совсем так. Сегодня для системы жизнеобеспечения открываются прекрасные земные приложения. Например, есть такой проект «экологический дом». Его можно разрабатывать для поселений, удаленных от цивилизации. Хотя и для современного города такое жильё вполне подойдет. Ведь что такое система жизнеобеспечения? Это автономная система, которая практически не производит отходов. А теперь представим себе дом с элементами системы жизнеобеспечения. В первую очередь это будет касаться очистки воды и выращивания растений. То есть мало того, что вы сможете снабжать себя пищей, так ещё и не будете загрязнять воду. Жилье с круговоротом позволит резко уменьшить нагрузку на окружающую среду.

Второе приложение — с одной стороны сугубо научное, а с другой — нужное всем жителям Земли. Оказалось, что замкнутая система — это хорошая миниатюрная модель для проверки устройства всей биосферы, и в первую очередь — законов круговорота. Если парниковая гипотеза верна — а к этому есть свои основания, — то механизмы круговорота углерода и других элементов парниковой системы (метана) хорошо бы изучать экспериментально. Мы не можем проводить эксперименты со всей планетой. А вот с маленькой замкнутой системой мы можем вытворять что угодно и смотреть, как она отзывается на разные воздействия. Уже первые наши резуль-



таты математического моделирования системы «наземная биота — атмосфера — климат» удалось подтвердить в такой малой замкнутой экспериментальной системе, созданной в институте несколько лет назад.

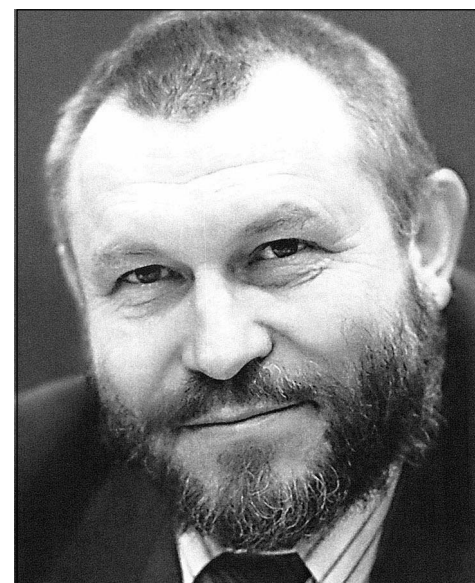
— С системами жизнеобеспечения ясно. Будем надеяться, что работы получат дальнейшее продолжение, развитие и продвижение. А чем ещё сегодня гордится институт?

— У нас существует несколько направлений, в рамках которых получены результаты, известные не только в России. Трудно не отметить работы по биополимерам. Уже почти два года назад сотрудник Института биофизики СО РАН, доктор биологических наук Екатерина Шишацкая была награждена премией Президента РФ для молодых учёных в области науки и инноваций. Формат премии таков, что её вручают конкретному учёному. Но успехи Екатерины Игоревны в области медицинских приложений биополимеров были бы невозможны без того задела, что был получен коллективом исследователей под руководством доктора биологических наук Т.Г. Воловой. На сегодня биополимер, который получают красноярские биофизики, имеет свою торговую марку — «БИОПЛАСТОТАН».

С использованием биоразрушаемого полиэфира «БИОПЛАСТОТАНтм» разработаны долговременные лекарственные формы в виде микро- и наночастиц. Выявлены основные факторы, позволяющие влиять на размер, структуру поверхности, а также степень включения препарата в полимерные микро- и наночастицы. Изучена динамика выхода препаратов и показано, что выход препаратов из полимерных матриц в основном зависит от размера и формы матрицы, химического состава полимера, массовой доли и молекулярного веса депонированного препарата. Сконструированы микрокапсулы, нагруженные антибиотиком рубомицином, и показана возможность стабилизации концентрации антибиотика в течение длительного времени in vitro и in vivo. Доказана высокая биосовместимость полимерных микрокапсул и возможность внутримышечного, внутривенного и интратрахеального введения. Премонстрирована лекарственная эффективность цитостатического препарата, депонированного в полимерные микрокапсулы, по отношению к культуре опухолевых клеток и на примере лабораторных животных с привитой асцитной и солидной карциномой Эрлиха. Показано, что депонированный цитостатический препарат рубомицин ингибирует пролиферативную активность КЭ и позволяет обеспечить локальную доставку препарата. Все эти результаты позволяют надеяться, что уже в скором будущем в Красноярске будет организовано производство биополимеров и изделий биомедицинского назначения из них.

И вот здесь застарелая проблема недростроенного биотехнологического корпуса просто кричит и требует своего решения. Накопилось много биотехнологий, которым физически тесно в старых стенах института. Да и студенты, и выпускники Сибирского федерального университета могли бы прекрасно учиться и потом работать в этом новом корпусе. Уверен, что биотехнологические пилотные и научные установки, размещенные в этом корпусе, составили бы гордость не только Красноярского научного центра и Сибирского отделения РАН в целом, но стали бы уникальными в масштабе всей России, как это уже имеет место с пилотной установкой по выпуску биопластика.

Традиционно сильное в институте направление связано с исследованием биолюминесцентных организмов. Эти работы начи-



нал и до сих пор во многом вдохновляет и координирует академик Иосиф Исаевич Гительзон. Сейчас очень интересные разработки в этой области связаны с молекулярно-биологическими исследованиями механизмов биолюминесцентной реакции у самых разных организмов. В лаборатории кандидата биологических наук Е.В. Высоцкого для нескольких белков из биолюминесцентных систем разных организмов были клонированы к ДНК гены и определены их нуклеотидные последовательности. Более того, для ряда белков были получены кристаллические пространственные структуры с высоким разрешением. Знания о структурах биолюминесцентных белков позволили получить так называемые мутантные белки. А именно путем направленных манипуляций на молекулярном уровне были созданы белки с уникальными спектрами свечения. С использованием таких белков возможно создание многокомпонентных чувствительных биолюминесцентных анализов. В частности, возможна разработка высокочувствительных иммунобиолюминесцентных методов для диагностических наборов в клинической эндокринологии.

— Премия президента, награды для современных биотехнологических производств, вообще медицины — это настоящее института, а что в будущем? Какими направлениями, кроме уже названных, сможет, на ваш взгляд, гордиться институт?

— Мне, конечно, хотелось бы отметить все лаборатории. Институт у нас небольшой, и при большом разнообразии тематик нам удается сохранять командный дух и творческую атмосферу, когда работы одних лабораторий дополняют или стимулируют новые исследования в других. Но объём статьи, наверное, не позволит этого сделать. Потому остановлюсь, как мне кажется, на главном.

Очень интересная тема связана с работами на стыке нанотехнологий и биотехнологий, которые проводятся в лаборатории доктора биологических наук В.С. Бондаря. Это совсем новая лаборатория. Она создана всего несколько лет назад. Здесь стоит отметить, что структура Института биофизики достаточно динамична. Мы не цепляемся за прошлое. Несколько лет назад внутри одной из лабораторий стала развиваться нанобиотехнологическая тематика. Чтобы избежать конфликтов в будущем, которые неизбежны, когда структура организации не изменяется в ответ на естественные процессы роста кадров, я решил, что у направления есть будущее, и целесообразно выделить инициативную группу в отдельное подразделение. В результате эта тематика получила бурное развитие. Достаточно быстро было получено несколько крупных грантов, в том числе в рамках Федеральных целевых программ. Сейчас работы с наноналмазами, а именно они являются основным объектом исследования этой группы, направлены на использование этих объектов для биомедицинских приложений. Так, с помощью наноналмазов сконструирована тест-система индикации глюкозы. Комплекс наноналмазыферменты может многократно (до 10 и более раз) использоваться для определения глюкозы in vitro. Также в экспериментах in vitro исследована возможность создания систем адресной доставки веществ на основе наноналмазов и маркерных биомолекул.

Не могу не отметить исследования, которые ведутся в моей лаборатории биофизики экосистем на солёных озерах юга Сибири. Несмотря на многолетние работы, наш интерес к мериомиктистским (или перемешиваемым) озерам только крепнет. Для исследования подобных водных объектов