



# Клетки в «руках» биофизики

(Продолжение. Начало на 7-й стр.)

Но насилие, конечно, не было. Мы принесли этот проект Кириенко и он хорошо удовлетворил свое чувство юмора, беседуя с нами. И раскрыл подлинную перспективу развития. Пришло переписывать проект. В новом варианте мы уже развинули как надо. При докладе в Москве предложения по физике очень хорошо приняли, а предложения Кириенко по биофизике академик Энгельгардт, глава настоящей биологии (Лысенко к тому времени уже «спекс»), оценил так: «А что это такое — биофизика?» К тому времени биофизика могла существовать только под каким-нибудь защитным покровом. Но больше всего ее защищала атомная промышленность и наука. Так как именно на этом направлении нужно было исследовать лучевую болезнь. Для чего еще в 1953 году открылась в МГУ первая кафедра биофизики, с которой у нас были тесные связи, и свою докторскую диссертацию я делал частично именно на этой кафедре. Кириенский послал нас с Терсковым на встречу с Энгельгардом. Мы приехали, когда шла заседание президиума.

## Одобрение от академика... с интеллигентным лицом

— Подождите, — сказали нам. — В первые он выйдет, и вы с ним поговорите.  
— Но мы его не знаем.  
— А вы сами узнаете, — сказала нам секретарь. — У Энгельгарда очень умное, интеллигентное лицо... на фоне всех остальных членов президиума.  
— Это я запомнил, — посмеивался Иосиф Исаевич, — на всю жизнь.



Доктор биологических наук Татьяна Воллова: «Дальше был новый шаг — от космических изысканий наука перешла к нуждам земным».

Разговор с Энгельгардом состоялся, мы с Терсковым получили поддержку, и с этого началась наша жизнь в академическом институте Красноярск.  
Переход к свободно живущим клеткам позволил поставить вопрос о регуляции в клеточных популяциях, над которыми не довлеет организм, как вот в системах крови. В свободно живущих популяциях регуляция заключается в их взаимодействии со средой.  
— Чуть попроще, пожалуйста. Свободно живущие популяции напоминают растянутому пружину, которая разворачивается, когда внешние лимитирующие факторы снимают свое давление. Оказалось, что если в таких популяциях снять давление этих факторов (но кроме одного, например, недостатка света), то заложенная в них скорость роста многократно превышает ту, которая обычно реализуется в природе. Они могут расти с такой скоростью, если бы все потомки одной клетки получали бы такие же возможности и пределов в скорости роста, то за один сутки им удалось бы заполнить собою всю Солнечную систему. Это рост в геометрической прогрессии. Но такого роста не происходит только потому, что есть внешние лимиты. Но обратите внимание: ка-

ков потенциал скорости биосинтеза, существующего в природе! — Дальше, — продолжал рассказ Иосиф Исаевич, — произошел интересный поворот в работе, поддержанный самой ситуацией, сложившейся в то время в науке и в стране в целом. Мы исследовали клетки хлореллы. В это время возглавляли большие надежды на то, что эти клетки смогут сопровождать человека в космических путешествиях, чтобы с их помощью поглощать выдыхаемый космонавтами объем углекислоты и заменять его кислородом. Когда мы получили высокие скорости нелимитированного биосинтеза и создали систему непрерывного культивирования, то есть замену углекислоты кислородом, нашу работу признали очень удачной, перспективной.

Ваш коллега, не помню сейчас его фамилии, опубликовал в «Известиях» небольшую заметку об этой нашей работе. Но она имела большие последствия. В ней говорилось всего лишь только о том, как очень быстро растут клетки хлореллы. Но после этого к нам зачастили всякие высокие делегации. Однако конкретные предложения по созданию реальных систем для космоса поначалу не было. Кириенский, видя, что есть потенциал, но нет возможности его реализовать в Красноярске, встретился со знаменитым главным конструктором Сергеем Павловичем Королевым, которому по соображениям секретности не воздали должное при жизни, да и после смерти, на мой взгляд, не сказали о нем так, как об этом заслуживает. Как ни странно, только главный конкурент его, Венер фон Браун, оценил Сергея Павловича полностью. Он сказал: «Королев в советской космонавтике то, что Пушкин в русской поэзии».

Наша первая встреча с Королевым прошла вскоре после полета Гагарина, когда страна переживала небывалый подъем энтузиазма и патриотизма. Старт нашего сотрудничества с командой Королева начался с... миллиона рублей. По тем временам огромные деньги. Но мы их получили. Начатая работа развивалась в создании первой и пока единственной существующей замкнутой биологической системы жизнеобеспечения

человека. Ее конструктором был мой коллега, доктор наук Борис Григорьевич Ковров. К сожалению, он очень рано ушел из жизни. Созданная система «БИОС» позволила осуществить эксперименты длительного существования в космосе экипажа космического корабля из трех человек до шести месяцев. За счет круговорота веществ внутри замкнутой системы. Но в нее входили уже не только водоросли, но и высшие растения — пшеница, картофель и другие. Тридцать квадратных метров кормили одного человека.

Заслуга введения в систему «БИОС» высших растений принадлежит профессору Генриху Михайловичу Лисовскому, соотруднику нашего института. Эта линия исследований с годами почти заглохла, как очень дорогостоящая. Но в последнее время она восстанавливается и возрождает себя К ней проявляют интерес ученые и отечественные, и разных стран мира. Это явление связано с именем нашего директора Андрея Георгиевича Дегерменджи и профессора Александра Аполлинарьевича Тихомирова. В заключение скажу, что из управляемого биосинтеза родилось и еще, но уже более зримое, научное направление. Речь идет о том, чтобы возможность интензивно управлять культурами одноклеточных использовать для культивирования одноклеточных, представляющих интерес для так называемых целевых продуктов.

Они называются у нас линией водородных бактерий. Из них и получаются весьма интересные целевые продукты. Руководит этой работой профессор Воллова.

## Признание водородных бактерий клетки

Для рассказа об исследованиях доктора биологических наук Татьяны Григорьевны Воловой мой выбор: ее собственная живая речь на встрече и подаренная Гительзоном книга «Очерки экологической биофизики», в которой с трудом одолел статью Воловой и кандидата наук Е. И. Шишацкого. Конечно, живой рассказ «пишущую гуманитарную душу» грел больше. Тем более что о водородных бактериях из статьи мало что узнал, а если откровенно, то мало понял.

— Тема водородного биосинтеза возникла у нас в институте, — сразу же ответила Татьяна Григорьевна, — благодаря усилиям академиков И. И. Гительсона и Г. А. Заварзина. Исследования проводились для нужд систем жизнеобеспечения человека. Это очень необычные организмы — водородные бактерии. Они живут за счет реакции окисления водорода, то есть реализуют реакцию гремучего газа. Только в отличие от взрыва в бактериях это происходит в «мягких» физиологических условиях. В это же время исследования водородных бактерий проводили в США. Водородные бактерии могут выполнять регенеративные функции в системе жизнеобеспечения аналогично хлорелле, но значительно эффективнее и с меньшими затратами энергии. Но мы изучили их как потенциальное звено и, к сожалению, в систему не ввели, так как интерес к системам биологического жизнеобеспечения упал.

Дальше был новый шаг: от космических изысканий наука перешла к нуждам земным. В 70-е годы стали активно разрабатывать технологии получения белка одноклеточных. Ими занимались все и везде, кроме США, которые являются крупнейшим производителем сои и дефицита белка, в особенности кормового, не испытывают. А у нас эта работа была еще неким хобби Ивана Александровича Терскова. Мы работаем все вместе. И не только в своей лаборатории, но и с сотрудниками других лабораторий. И вам же самое предстоит». Так оно и оказалось.

Следует вспомнить о том, что, когда обрабатывали режимы продуктивного синтеза белка, все было с жироподобными включениями, которые водородные бактерии накапливали в качестве запасного соединения. Запасные клеточные макромолекулы (полисахара, липиды и т. д.) синтезируются в клетке при так называемом несбалансированном росте (медленном). Известный профессор микробиолог Шлегель боролся с этим включением в водородных бактериях генетическими методами. Он получал мутантные штаммы, не способные синтезировать это соединение. В нашем институте это сделали с помощью оптимизированного режима биосинтеза, создав условия роста для бактерий, когда этого полимера вообще не было. Но в 80-х годах на вещество, с которым боролся, возник спрос. Кому-то (имя этого ученого пока не установлено) в светлую голову пришла счастливая идея — выделить этот полимер из биомассы и посмотреть, что он из себя представляет.



Исполнительный директор международного центра по замкнутым экосистемам Александр Тихомиров: «Заваряю вас, что я счастливый человек. Мне довелось работать с корифеями науки».

— Да. Оказалось, что по ряду svojств это аналог полипропилена — природные углеводородные ресурсы (угли, лигнин, отходы растительных биомасс). Получаемый при переработке таких углеводных источников синтез газа — субстрат для биотехнологий, в том числе для получения белка или полимера. Вот над всем этим мы и работаем. В нашем институте создано первое отечественное опытное производство разрушаемых биополимеров. Сейчас мы сосредоточены прежде всего на применении полимеров в медицине вместе с ведущими медицинскими учреждениями. Это Институт трансплантологии и искусственных органов Росздрава, Гематологический научный центр РАН и другие.

Доктор биологических наук Александр Аполлинарьевич Тихомиров в институте — исполнительный директор Международного центра по замкнутым экосистемам. Он тоже, как и академик Гительсон, начал свой рассказ с истории.

## Под влиянием БИОСа

— Мне повезло, — говорил он, — что я попал, начиная работать в науке, к ученикам академиком Терскова и Гительсона. Они проводили исследования, начатые своими учителями. Например, разработали новые поколения биологических систем (а были «БИОС»-1, «БИОС»-2 и «БИОС»-3), что позволило развить в институте под их влиянием совершенно новые направления исследований. В частности, биоспектрофотометрию. Заведовал этой лабораторией профессор Федор Яковлевич Сидько. Он тоже

начинал как исследователь оптических свойств крови. В 1970 году, появившись в институте, я как раз попал к нему в лабораторию. Принимая меня на работу, он сказал памятные слова: «Мы не работаем отдельно. Мы работаем все вместе. И не только в своей лаборатории, но и с сотрудниками других лабораторий. И вам же самое предстоит». Так оно и оказалось.

Заваряю вас, что я счастливый человек, потому что мне довелось работать с корифеями науки. Сидько занимался оптическими исследованиями биологических систем. А мне он поручил работать с высшими растениями и исследовать их свойства. Это очень важно и перспективно для систем жизнеобеспечения. И прежде всего мне надо было исследовать те световые условия, которые нужны этим растениям. Одновременно я, биофизик по образованию, приходил к Генриху Михайловичу Лисовскому и получал у него переклассные консультации по вопросам и проблемам физиологии растений, многие из которых я попросту тогда не знал.

С этими профессорами у меня были деловые контакты почти всю свою жизнь. И очень эти долгие. Как окончивший физический факультет и имеющий свободный после университета диплом я мог вполне устроиться на работу в другой институт. Но мне очень понравилась в институте биофизики живая научная атмосфера. А это дорогого стоит. У нас буквально все было объединено работой по системам жизнеобеспечения, хотя приходилось преодолевать многочисленные трудности.

Сейчас мы занимаемся разработкой системы жизнеобеспечения очередного, нового, поколения, то есть с новыми особенностями и характеристиками. Например, с высокой степенью замкнутости системы. Это означает, что в системе должно быть как можно меньше отходов. Проще говоря: все, что производится, должно потребляться. Конечно, это идеальный вариант, который едва ли возможен. Однако он определяет то, к чему нужно стремиться, то есть к минимизации отходов. Задача сложная, нужно разработать научные основы целого ряда технологий. Например, по утилизации растительных отходов несъедобной биомассы. А каким способом это делать? Есть биологические и физико-химические методы утилизации. Истина, как всегда, посередине. Система, с одной стороны, должна быть биологическая, а с другой — физико-химическая. Сейчас мы работаем над развитием этих методов. Наши исследования привлекают внимание и отечественных специалистов, и зарубежных. Еще недавно было много трудностей.

**Чтобы проверить деяния человека и природы**  
Второе мое добавление таково: разрабатываемые нами системы



Кандидат биологических наук Елена Есμβекова: «В институте создана уникальная коллекция светящихся бактерий».

...Обычно на страницах нашего выпуска «Наука: сибирский вариант» директор института выступает последним, в конце встречи. Но Андрею Георгиевичу Дегерменджи требовалось срочно уйти. Пришлось ему предоставить слово «вне очереди». Вот что он рассказал: — Кое-что добавлю к выступлению профессора Тихомирова. После длительного перерыва в мире возникла некоторая полетная эйфория, стремление куда-то полететь. В космос преимущественно Китайцы собираются лететь, японцы и многие другие. Да еще на Марс, на Луну и по другим космическим трассам. Но технические возможности этого, особенно связанные с системами жизнеобеспечения, не очень высоки в мире. И теперь, как мне кажется, пришел наш час. Те Pioneer's вещи, которые сделали Гительсон, Ковров и Терсков, бурдут, видимо, многим востребованы. Но, конечно, уже на новом витке исследований. За это надо бороться. В том числе бороться и в РАН. С тем, чтобы она поддерживала наши работы.

Доктор биологических наук Михаил Глазьев: «Макроскопом эти приборы назвал академик Гительсон».

онные системы и режимы получения этого продукта — экологически чистого, термопластичного и биоразрушаемого полимера. Многие химические и фармацевтические предприятия за рубежом его уже выпускают. Товарное название — биопол, деграпол». Это прекрасный материал, особенно для применения в новых направлениях медицины — тканевой и клеточной инженерии, связанных с конструированием искусственных органов, для депонирова-



Институт биофизики Красноярского научного центра СО РАН.

нужно использовать для биосферного моделирования. Конечно, в самой биосфере эксперименты затруднены в силу ее оригинальности и уникальности. Но если парниковые, положим, эффекты имеют место, значит, надо проверить некоторые наши деяния на каких-то системах, которые близки по структуре биосфере. То есть на таких системах, в которых идет круговорот вещества. Их можно использовать для проверки некоторых принципиальных гипотез. Это совершенно новое направление, но его необходимо как-то осилить. Есть у нас и еще два важных направления: экологическая биофизика и биллюминесцентный анализ, который к ней примыкает. Здесь, используя представления и законы физической организации материи, надо попытаться проанализировать системы не клеточного уровня, а выше, то есть экосистемного уровня. Чтобы уяснить, можем ли мы управлять такими системами и понимать их или нет. Обычно ни гидробиологи, ни лесоведы, ни почвоведы не ставят перед собой таких задач в силу имеющихся возможностей, да и знаний. А биофизики такую задачу поставят перед собой могут. Они владеют всеми составляющими, которые лежат на пути к управлению этих систем. Но на пути к ним надо проверить всю цепочку: и теорию, и наблюдения, и эксперименты и т. д. Работа огромная, но когда-то надо ее решать.



Кандидат биологических наук Игорь Полионов: «У нас есть коллекция светящихся бактерий».

В свое время по инициативе Гительсона и Терскова меня и еще некоторых коллег десантировали в МГУ, и мы прошли там школу Алексея Ляпунова, Игоря Полю-

пора больше и сложные задачи. Впрочем, так же как и другим ученикам этих школ. Например, Николою Колчанову в институте цитологии и генетики Новосибирска. Для решения многих биологических задач нас научили использовать математический аппарат для прогнозирования динамики экосистем. Но мы не просто ориентировались на абстрактное моделирование, а сделали опорой эксперимент. Начали с экспериментов, которые проводились в лабораторных системах непрерывного культивирования свободно живущих клеток и бактерий. Приняли анализировать и даже фантазировать на тему динамики свойств и устойчивости этих популяций. Было интересно узнать, как организмы могут существовать в открытых экосистемах. Оказалось, что у микробов есть свои законы. И популяции с разными свойствами могут не вытеснять друг друга из системы, как это следовало бы по Дарвину, когда быстро растущий вид «выгоняет» медленно растущий. Выяснилось, что они вполне могут устойчиво существовать. Отгадка этого явления — в лимитирующих факторах. Мы в экспериментах получили объяснение единого принципа этого существования. Сейчас мы пытаемся найти принципы устойчивого существования в неординарных водных системах. По пути с профессором Н. С. Печуркиным открыли свойства автостабилизации лимитирующих факторов. Теперь мы ищем, как проявляется это свойство в реальных водных системах. Все это примеры аккуратного и содержательного взаимодействия теории с экспериментом. Эту большую силу теоретики недооценивают. А экспериментаторы порой не знают теоретических работ. В итоге понимают друг друга с трудом. И притирка между ними идет долго. Нужна терпеливая совместная работа, после которой и появляются зрелые и перспективные исследования.



Кандидат биологических наук Егор Заберов: «Буквально на расстоянии нескольких километров разные виды могут занимать свои ниши и очень устойчиво существовать».

Приведу вам пример. На одном из водохранилищ мы попытались проверить и нашу теорию, и наши эксперименты, изучая «цветение» водорослей. Было понятно, почему это происходит, но непонятно, как с этим явлением бороться. Было неизвестно, отчего вспыхивает это цветение происходит. Оказалось, что главная причина — в водохранилище высокая концентрация фосфора из донных потоков, а не стоки, которые поступают в водохранилище. Мы показали, что надо принимать другие меры по очистке воды, а не отводить, как предлагалось, да и как делается, стоки. А это очень дорогостоящая процедура — отводить стоки. Впервые в практике биофизики часть теоретического исследования остановило практику беспелезненных затратных процедур. Сделано далеко не все. Хотя стало понятно, что водохранилище можно не только очищать, но и

таева и Валда Рагнера. Это замечательные ученые и люди, от которых мы многое узнали. Получилось так, что у нас работают дети двух школ — биологической физики и математической биологии. Что позволяет нам в своих исследованиях ставить и по сино