

Потапова Т.В. «Семинар нерешенных проблем: век XXI». – М.: «У Никитских ворот», 2009. – 336 с.: ил.
ISBN 978-5-91366-102-9

Сборник включает в себя сценарии радиопьес из цикла *«Семинар нерешенных проблем или в гостях у профессора Чука»*, звучавших в эфире в 1978-86 г.г., и современные комментарии к ним:

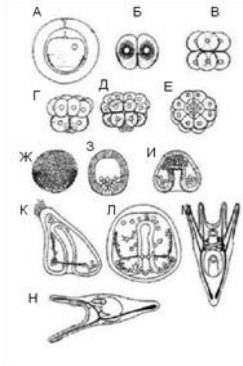
От авторастр. 3-7.
<i>«Памяти друга»</i> стр. 8-11.
<i>«Как клетка становится взрослым существом»</i> .–	
Комментируют: Л.В. Белоусов, Б.Ф. Ванюшин.....	стр. 12- 34.
<i>«Живое электричество»</i> . – Комментируют:	
В.П. Скулачев, Ю.А. Чизмаджев, В.Д. Барон	стр. 35-65.
<i>«Видят ли археологи сквозь землю?»</i> . – Комментирует:	
Г.Б. Зданович	стр. 66-83.
<i>«Где быть голове?»</i> . – Комментирует:	
Л.В. Белоусов.....	стр. 84-101.
<i>«Лет до ста расти нам без старости»</i> . – Комментирует:	
В.П. Скулачев	стр. 101-116.
<i>«Замкнутые циклы»</i> . – Комментируют: А.В. Жигин и	
Т.В. Потапова.....	стр. 117-139.
<i>«На вулкане как на вулкане»</i> . – Комментирует:	
Г.С. Штейнберг	стр. 140-156.
<i>«Живая Вселенная»</i> . – Комментирует:	
С.И. Блинников.....	стр. 157-174.
<i>В гостях у Сергея Никитина</i>	стр. 175-181.

С удовольствием представляю книгу сотрудника Института физико-химической биологии МГУ Татьяны Васильевны Потаповой. В этом сборнике заинтересованный читатель найдет сведения о последних достижениях науки, о нерешенных научных проблемах и о непростых путях развития науки на рубеже XX-XXI веков. Книга написана в живой, необычной для таких текстов форме, делающей доступными для широкой аудитории сложнейшие проблемы современной биологии и других наук о природе. Очень важно, что в сборнике звучат живые голоса наших соотечественников – известных ученых, создающих новые представления о мире в такое сложное для всех нас время.

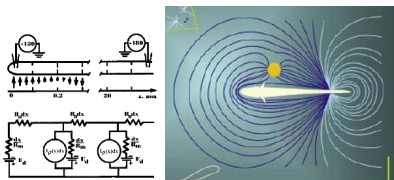
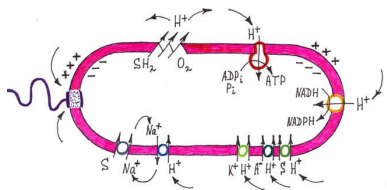
Директор НИИ ФХБ имени А.Н. Белозерского МГУ,
Декан факультета биоинженерии и биоинформатики МГУ,
академик

В. П. Скулачев

КАК КЛЕТКА СТАНОВИТСЯ ВЗРОСЛЫМ СУЩЕСТВОМ?



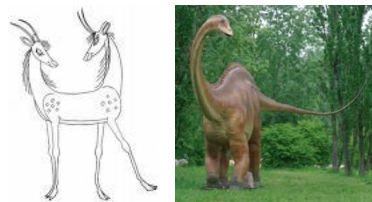
ЖИВОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО



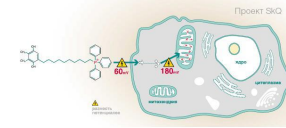
ВИДЯТ ЛИ АРХЕОЛОГИ СКВОЗЬ ЗЕМЛЮ?



ГДЕ БЫТЬ ГОЛОВЕ?



ЛЕТ ДО СТА РАСТИ НАМ БЕЗ СТАРОСТИ



ЗАМКНУТЫЕ ЦИКЛЫ



НА ВУЛКАНЕ КАК НА ВУЛКАНЕ



ЖИВАЯ ВСЕЛЕННАЯ



ОТ АВТОРА:

Этот раздел у меня вышел из двух частей. Одна часть – из архива, когда я еще при жизни самого «Семинара нерешенных проблем» собиралась издавать его материалы в виде сборника с соответствующим предисловием. Век нынешний потребовал своего предисловия: я его тоже написала. Так как сборник состоит из материалов разных веков (и тысячелетий), для удобства ориентирования в разных временах используются два разных шрифта.

ЧАСТЬ I: 80-е года XX века.

Я биолог. Биолог – экспериментатор. Мое рабочее место в университете среди электрофизиологической аппаратуры: стимулятор, усилители, осциллограф. В центре – люминесцентный микроскоп, к столику которого тянутся шеи микроманипуляторов и трубки световодов. Все это опутано сетью соединительных и заземляющих проводов, увешано реле – переключателями. Идет эксперимент. На столике микроскопа культура примитивного гриба – нейроспоры (по латыни *Neurospora crassa*). Микроэлектроды – тонкие стеклянные иголочки, заполненные раствором электролита, – прокалывают клеточную оболочку и приборы регистрируют: есть разность потенциалов между внутренним объемом клетки и внешней средой! С точки зрения электротехники разность мизерная: 200 милливольт (две десятых вольта), – с точки зрения электрофизиолога – огромная (больше, чем у любых клеток животных: нервных, мышечных, эпителиальных и пр.). С одной стороны это уже неувидительно: нам

известно, что в оболочку клеток нейроспоры встроены особые молекулы, которые подобно демонам Максвелла перетаскивают из клетки наружу ионы водорода. Создается разность концентраций ионов по обе стороны оболочки (клеточной мембраны) – вот вам и разность электрических потенциалов! Молекулы – переносчики тратят на свою работу четверть всей клеточной энергии. Это нам тоже известно. И это почти все. Дальше – непонятное.

Включаем синий свет. Все меняется. Сначала клетка нейроспоры реагирует изменением электрического сопротивления мембраны. Затем меняется разность потенциалов. Почему? Молекулы – «демоны Максвелла» к свету не чувствительны. Правда, внутри клеток и кое-где в мембранах есть чувствительные к свету (именно к синему!) молекулы – пигменты группы каротиноидов. (Это родственники красящих веществ моркови и абрикосов, витамина «А» и главное – ретиналя, вещества, воспринимающего свет в сетчатке человека и животных). Но какова связь между реакцией каротиноидов нейроспоры на синий свет и электрическими параметрами ее мембраны: сопротивлением и разностью потенциалов? Этого никто не знает. Мы знаем больше всех, но тоже пока очень мало.

Поэтому идут эксперименты. Среди сплетения проводов и разноцветных сигнальных лампочек электрофизиологической аппаратуры. Меняю светофильтры: красный – объект не реагирует, синий – есть ответ! Быстро нажимаем кнопки фотокамеры,

включаем и выключаем секундомер, отмечаем события в протоколе. Вот включатся в дело комплект фильтров, который пропускает к клеткам только ультрафиолет. Возбуждается свечение вещества флуоресцеина: мы ввели его внутрь одной из клеток через тонкую микропипетку и смотрим, с какой скоростью распространяется это вещество в соседние клетки, - изучаем работу межклеточных каналов. ... Перегорают лампы приборов, «сажаются» батареи, ломаются в самый неподходящий момент стеклянные иглоочки – микроэлектроды, барахлят подачи микроманипуляторов. Идет эксперимент.

Я очень люблю свою экспериментальную работу. Потому что в эксперименте нахожусь один на один с природой. От моего умения войти с ней в контакт: во время послать нужный сигнал, поймать и понять ответ, - зависит, раздвинутся ли в этой точке границы научного знания или так и останутся непроницаемой стеной. Так я занимаюсь серьезной наукой.

Много читаю: легко и быстро. С детства (где-то уже лет с 5-6-ти помню себя с толстым томом «Графа Монте-Кристо»!). Мама ругала: «Глотаешь книги!»), - а вот современная наука это приветствует и называет быстрочтением.

Люблю развлекать детей. Сама играю с удовольствием с ними: сначала играла с младшим (на 5 лет) братом и его друзьями, потом с младшими школьниками, потом с дочкой и племянниками... А теперь у меня появились радио – дети. Судьба преподнесла мне немного неожиданный подарок:

привела меня в отдел науки и фантастики Детской редакции Всесоюзного радио... В принципе эту игру судьбы можно аналитически разложить на некоторое отличное от бесконечности количество вполне определенных встречи и разговоров... Но все равно в целом результат выглядит как маленькое чудо: вот уже в течение 10 лет мы выпускаем один раз в месяц научно-популярную программу для школьников под названием «Семинар нерешенных проблем или «В гостях у профессора Чука».

Мы, серьезные взрослые люди: редактор, режиссер, актеры, научные работники, - играем с детьми! Придумываем для них увлекательный разговор между интересными людьми вокруг какой-то животрепещущей проблемы. У игры - железное правило: информация о состоянии научной проблемы должна быть максимально полной и максимально достоверной. Это – моя задача. «Проглатываю» огромное количество книг и журналов, консультируюсь со специалистами, выбираю из множества литературы часть, которую можно порекомендовать для чтения самим школьникам. Слушателям игра нравится. Просят еще и еще: не один раз в месяц, а два; не полчаса, а час. Просят тексты передач. Просят записать наши радиоразговоры на грампластины. (Жаль, что так и не удалось выполнить эти пожелания).

Современная наука обширна. Горячих точек в ней множество. Интересы ученых в этих точках сталкиваются не менее бурно и остро, чем рапиры фехтовальщиков и перчатки боксеров. Суть многих научных споров для

непрофессионалов столь же непостижима, как перипетии шахматной партии высокого класса. И все же есть научно-популярные книги, фильмы, журнальные статьи, знакомство с которыми может доставить истинное наслаждение пытливым и любознательным умам. Очень важно иметь при этом что-то вроде путеводителя: очерки-аннотации состояния наиболее важных научных проблем, подробнее с которыми можно ознакомиться по работам специалистов.

* * *

Так. Теперь переходим к «СЕЙЧАС», то есть уже в век XXI. В прошлом веке издать сборник материалов «Семинара нерешенных проблем» не удалось. Хочу попробовать это сейчас: к Фестивалю науки в МГУ (октябрь-месяц). Потом можно будет разместить электронную версию сборника в сети Интернет на сайте «Ученые – детям» НИИФХБ имени А.Н. Белозерского МГУ [<http://kids.genebee.msu.su>].

ЧАСТЬ II: век XXI – год 2009.

Я по-прежнему биолог – экспериментатор. Мое рабочее место все там же в университете среди аппаратуры, которая со временем немного изменилась. В центре по-прежнему люминесцентный микроскоп, к столику которого тянутся шеи микроманипуляторов и трубки световодов. Однако сверху на микроскопе уже не пленочная, а цифровая фотокамера. Все по-прежнему опутано сетью соединительных проводов, среди которых важное место занимают соединения фотокамеры с компьютером. Идет эксперимент. На столике микроскопа по-прежнему культура нейроспоры (по латыни *Neurospora crassa*). В начале нынешнего века полностью расшифрован (или говоря

языком молекулярных биологов «секвенирован») геном нейроспоры, но загадок и тайн, которые дают пищу научным умам, в жизни этого примитивного гриба предостаточно. Например, почему, когда я делаю лабораторную среду обитания этого гриба «голодной»: убираю из нее основной источник энергии для жизни нейроспоры – сахар, - гриб растет на столике микроскопа с той же скоростью? Не понятно! Поэтому – идет эксперимент. Соединение техники цифровой записи изображения растущей нейроспоры с возможностями компьютерного анализа этих данных прямо в ходе эксперимента, - достижение нынешнего века. Но поведение нейроспоры по-прежнему загадочно. Очень эффективные возможности для экспериментальных наблюдений дает использование современных флуоресцентных красителей. Иногда наблюдения неожиданны. Например, добавили в среду немного вещества – митотрекера красного, которое проникает внутрь клетки и затем накапливается в митохондриях (структурах, которые обеспечивают клетку энергией). Митотрекер красный был специально синтезирован с такими добавками в его молекулах, которые прочно связывают его с митохондрией, в которую он проник, и связывают так прочно, что он остается на своем месте даже в убитой клетке. Наблюдать, где находится митотрекер, можно, активировав его люминесценцию светом определенной длины волны. «Покормили» нейроспору митотрекером, заменили среду на свежую, уже без этого вещества: наблюдаем за положением светящейся «метки». Оказывается, вся она собирается на кончике грибной ниточки-гифы в виде ярко светящейся «шапочки» и движется вместе с ростом гриба. Растет грибная гифа, надстраивая себя на верхушечном конце (это явление называется «верхушечный рост»: так же растут корневые волоски растений). Растет с большой скоростью (20-30 микрометров в минуту!), при этом успевая образовать на новом месте новую клеточную стенку, новую клеточную мембрану и еще много чего

нового... Только митохондрии в этой новой верхушке – старые! Грибная гифа строит себя на верхушках заново, а энергетические подстанции – митохондрии обеспечивают эти «строительные работы», перемещаясь с нужной скоростью. От того, что мы видим это перемещение благодаря люминесцентным сигналам митотрекера красного, возникает масса вопросов, ответы на которые требуют новых экспериментов. Но меня это только радует: я люблю эксперимент!

Детей я тоже по-прежнему люблю. К сожалению радиосеминар нерешенных проблем перестал существовать. Но я зато увлеклась экологическим образованием и воспитанием дошкольников. Особенно мне нравится заниматься этим делом вместе со школьниками и студентами. Кому интересно, чем это мы таким занимаемся, может познакомиться с web-сайтом «Ученые-детям» по адресу [<http://kids.genebee.msu.ru>].

Оглядываясь назад, в век минувший, я отдаю себе отчет в том, какое огромное значение для существования семинара профессора Чука имели семинары Израиля Моисеевича Гельфанда. В начале 60-х г.г. в Москве возник уникальный Гельфандовский семинар по проблемам биологии и патологии клетки, где на самом высоком уровне обсуждались работы по биохимии, цитологии, иммунологии, генетике и другим разделам биологии. Некоторое представление о работе семинара можно получить по материалам из сети Интернет. Вот, например, воспоминания Г.И. Абелева: *«Участствовать в семинаре было трудно, часто обидно, но мне кажется, что этот семинар был единственным в своем роде. Он способствовал тому, чтобы быть до конца честным с самим собой и жить в системе подлинных, а не мнимых критериев и ценностей»*. Или воспоминания Л.С. Саямона: *«В неформальной жизни ученых особое значение имели семинары, в их числе – гельфандовский семинар в Москве, отличавшийся жестким, совсем не академическим стилем,*

беспощадно обнажавшим суть предмета и исследователя. ...Семинары помогали отфильтровывать истинную науку от псевдонаучного беспредела и легковесного прожектёрства».

Для многих участников клеточный семинар Гельфанда стал настоящей школой общебиологического мышления, особенно для нас: молодых сотрудников межфакультетской лаборатории математических методов в биологии МГУ, которую организовал в те годы и возглавляет до сих пор Израиль Моисеевич. Молодежь не выступала с докладами: мы готовили для участников семинара чай с бутербродами, а затем занимали места «на галерке» и наблюдали, что творится у доски. Конечно, сидя «на галерке», мне тоже мечталось сказать свое слово. Неким чудесным образом эти мечты воплотились в сотрудничестве с отделом науки и фантастики Детской редакции Всесоюзного радио, где я стала автором своего собственного виртуального семинара: Семинара Нерешенных Проблем. Руководителем моего семинара был, конечно, математик - Профессор Чук: человек с активной жизненной позицией, а главное – с интенсивно работающим разумом, заставляющим активно работать разум собеседников. Правда, я лишила профессора Чука беспощадной жесткости Гельфанда, - ну, так уж вышло!

В 2006 г., когда я готовила для журнала «В мире науки» статью «Научное пространство Гельфанда», я беседовала с очень многими людьми, работавшими в разные годы с этим замечательным человеком. Общее впечатление от бесед: Израиль Моисеевич всю жизнь очень интенсивно работал и это вывел его мозг на такую мощность, при которой создается очень сильное поле, заставляющее мощнее работать соседние мозги, тем более что сам Израиль Моисеевич активно к этому стремился. Именно за это ему до сих пор благодарны многие, причем, независимо от того, насколько им в свое время досталось от не слишком мягкого характера Гельфанда. Для себя я осознала, как от одного лишь

воображаемого погружения в пространство Гельфанда мой собственный мозг заработал яснее и четче, что оказалось весьма отрядным и полезным во многих отношениях.

В развитых странах цивилизованного мира в наши дни большое внимание уделяется проблеме одаренных детей. Считается, что всего 3% человечества сохраняет во взрослом состоянии интеллектуальную одаренность в виде способности генерировать новые идеи. Отдавая себе отчет, насколько важны для прогрессивного развития общества именно новые идеи, в разных странах изобретают педагогические технологии поддержки благополучного развития одаренных детей. Мне кажется, было бы полезно не только ломать голову над теоретической проблемой развития абстрактных одаренных детей, а поразмышлять, например, над жизнью Гельфанда. Израиль Моисеевич – тот одаренный ребенок, который не просто пронес свою одаренность без потерь через долгую жизнь, наполнив ее трудом постижения истины и смысла. Он ведь сумел все свои исполненные высокого смысла труды вершить, проходя последовательно через строительство социализма в СССР, войну и разруху, тоталитарный режим с его антисемитизмом, оттепелями и застоями, через перестройку и т.п. Думаю, лучшего средства, чем развитие всеми доступными средствами своего личного Разума, всем одаренным детям посоветовать нельзя. В то же время, как мы видим, размышляя над жизнью Гельфанда, поддерживать Разум в активном состоянии, необходимом для долгой плодотворной жизни, можно только упорным каждодневным трудом по решению проблем и волей к независимости.

Вот, пожалуй, и все, о чем я как автор считаю своим долгом предупредить читателя... Теперь - о самом сборнике. В него вошли всего 8 сценариев из 80, сохранившихся в моем архиве в виде «слепых» машинописных копий. Расположила я их по

времени выхода в эфир: так что читать сборник можно в любом порядке... Каждая тема начинается сценарием радиопьесы, вышедшей в эфир в конце XX века, а продолжается – комментариями известных ученых, занимавшихся исследованиями по этой теме в конце XX века и продолжающих исследования сейчас - в начале века XXI: читайте и размышляйте!

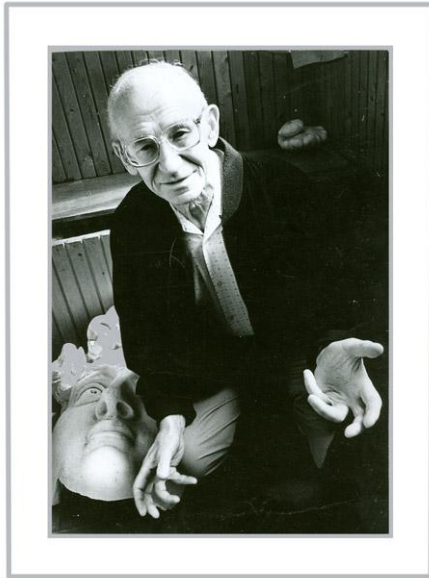
Знакомство с любой из тем поможет современному школьнику задуматься над тем, что наш мир состоит не только из финансовых и экономических нестабильностей, мерзости чиновников, жестокости террористов и криминогенных элементов, сникерсов, памперсов, автомобилей, роликов, видеков, мобильных и компьютеров. ... Есть мир природы с его великими законами, которым подвластны звезды и кометы, цветы и водопады, самоцветы и вулканы, акулы и крокодилы, белочки и бабочки, волны цунами, работа нашего сердца и мозга, наше рождение, развитие, старение и даже, - во многом! – наши отношения друг с другом. ...

Очень важно, что рядом с нами, здесь и сейчас, в мире нестабильности, жестокости, насилия и бессмысленного азарта, - живут и работают люди, которые изучают мир природы. ... Этот большой и ответственный труд связывает в единое сообщество не только людей разных национальностей, приверженных разным религиям и политическим системам, но и людей разных эпох. Объединяет ученых всех времен и народов – РАЗУМ.

Вообще-то теоретически разум объединяет всех людей планеты: все мы принадлежим к одному биологическому виду *Homo sapiens* (Человек разумный). К сожалению, далеко не каждый человек умеет этим своим природным даром пользоваться. Чтобы в любых проявлениях жизни опираться на возможности РАЗУМА, нужно работать над его развитием: тренировать свой разум в решении проблем. Ученые очень хорошо это умеют: *учитесь у ученых!*

ВМЕСТО ВВЕДЕНИЯ:

**ПАМЯТИ ДРУГА
(18 июля 2002 года)**



Умер Майлен Константиновский: писатель, драматург, радиоинженер (выпускник Военно-морской инженерной академии), товарищ и друг. Да, было за 70. Да, нередко болел. Но ушел – внезапно: в разгар работы над новым телевизионным проектом. Еще не осознана боль потери – словно на время ушел человек. Может быть поэтому за поминальным столом, после прощания у гроба с холодным телом дорогого человека, те немногие из друзей Майлена, кого в разгар московской июльской жары поймала в свои сети страшная весть, говорили не о смерти.

Говорили о судьбах российской культуры и языка, наших детей и наших талантов, родной природы. Жрецом и хранителем всех этих культурных ценностей долгие годы был ушедший от нас человек... Кто заменит его на этом посту? Кто воздаст должное его памяти? Кто оценит по достоинству его вклад в отечественную и мировую культуру? – Некому. Кроме нас самих... Российское общество всегда было жестоко к своим талантам. И при царе. И при советской власти. И при сейчас.

Любопытно было бы провести социологическое исследование (или хотя бы – опрос), что значили в жизни каждого из нас созданные Майленом герои знаменитого радиосериала «КОАПП – О событиях невероятных». Я помню свои юношеские годы и радость от этих радиовстреч с настоящими чудесами. Говорящие звери, птицы, рыбы, насекомые и микробы, объединившиеся, чтобы создать Комитет Охраны Авторских Прав Природы, увлекали в таинственный мир природы, сложный и загадочный и столь богатый идеями! Талант Майлена открывал для слушателей совсем новый смысл в мире природы. Привычное отношение к этому миру как источнику всяких благ, равно как и с детства культивируемое всеми жанрами нашего многонационального искусства наслаждение красотой и совершенством природы, дополнялись новым трепетным чувством. Это было отношение к природе как источнику пищи для ума, неиссякаемому источнику знаний. И в этом мир природы не противостоял человеку, с ним не нужно было бороться и побеждать, у него ничего не нужно было отнимать. Мир природы не был обезличен, его интересы представляли конкретные персонажи. Созданные волей и талантом писателя и драматурга образы обитателей мира дикой природы были дружественны человеку. Они были умны, добры и справедливы. И они были очень разные. Именно это разнообразие создавало массу драматургических коллизий, детективных историй и

приключений. Все разрешалось мирно. Но мир и дружба между Человеком и Природой восстанавливались только после изрядных совместных трудов в атмосфере безусловного уважения к Правам друг друга. Добавим еще, что воспринимали мы это все на слух, наслаждаясь помимо содержания пьес изумительной речью героев. Точный выбор слов, тонкий и добрый юмор, изящество аргументации, интонационный строй этих живых разговоров очаровывал и околдовывал, делал нас добровольными пленниками КОАППа, а вернее - Майлена.

В начале 70-х годов, уже перебравшись из города детства, Хабаровска, в Москву, став сотрудником МГУ и кандидатом биологических наук, я на добрый десяток лет связала судьбу с отделом науки и фантастики Детской редакции Всесоюзного радио. В этом отделе выпускали в эфир и «Клуб знаменитых капитанов», и «Радионяню», и, конечно, КОАПП. Выпускала КОАПП редактор Валентина Исааковна Ядрова, с которой мы сделали в те годы новый научно-художественный сериал «В гостях у профессора Чука». С Майленом я пересекалась на бегу. Чаще встречалась с текстами его новых радиопьес на редакционном столе. Помню, как смеялась Валя Ядрова над очередной творческой находкой Майлена. Валентина Исааковна была необыкновенно красива, умна и профессионал – экстра класса! Мы искренне ею восхищались. Но Валя была очень строга. Помню, каким холодным душем она пресекла мою легкомысленную попытку преподнести ей букетик цветов: «Таня! - (голос, не допускающий возражений, типа команды «Место!») – никогда этого не делайте!».

О великий и могучий русский язык... Что могла возразить наша любимая Валечка, прочитав, как новый герой Майлена – нарвал – с нежностью обращается к супруге: «НарВАЛЮША, милая!».

В редакции Майлена любили. Редактор, режиссер, актеры, коллеги. Я – тоже. Но тогда мы почти не общались. Так, - «Здравствуйте!» – «Здравствуйте!». Майлен был очень заботлив. Он постоянно решал множество педагогических проблем. Его живой ум, горячее сердце и легкое перо становились на защиту Бориса Павловича и Лены Алексеевны Никитиных и созданной ими педагогической системы. Он писал о Шалве Александровиче Амонашвили и его инновационной педагогике. Будучи человеком активным и общительным, Майлен ухитрялся на бегу замолвить слово в защиту то одного, то другого талантливого педагога людям, власть предрежащим. А его знали и любили и в этих кругах. К нему прислушивались академики и министры. Для него почти не было закрытых дверей. И при этом он не был борцом и политиком в современном понимании. Он не создавал групп и партий. Не ломился в закрытые двери. Он просто общался с живыми людьми. И благодаря его живому слову один живой человек узнавал о проблемах другого живого человека и приходил на помощь. Таким нехитрым образом Майлену удавалось договориться о поддержке одних живых людей другими живыми людьми. Именно слово Майлена делало порой чудеса. Только слово. А словом он владел блестяще: любил слова, любил создавать из них сложные композиции – радиопьесы.

Я очень долго осваивала этот трудный жанр – радиопьеса. Спотыкаясь и мучаясь, поддерживаемая мудростью и опытом Вали Ядровой, я развила-таки в себе способность писать такие тексты, которые в актерском прочтении создавали впечатление живой речи. (Между прочим, после этого мне стало намного легче общаться с окружающими!) Много лет спустя я услышала от замечательного нейрофизиолога Ольги Сергеевны Виноградовой: «Вы знаете, ведь за устную и письменную речь отвечают совсем

разные мозговые центры». Я сразу и всей душой приняла эту научную истину – еще бы!

В моей жизни радио стало хорошей школой передачи мысли словом. Готовя ежемесячно по 30-минутной пьесе, где мои персонажи (математик, историк, биологиня, инженер-компьютерщик и журналистка) спорили по поводу насущных научных проблем, вовлекая в этот спор слушателей, я делала вроде бы не хитрую, но очень объемную работу с научной информацией. Выбирала интересную для школьников тему. Находила в этой теме ряд проблем. Находила точки зрения, которые могли принадлежать моим персонажам сообразно их характерам и роду занятий. После этого начиналась работа над текстом радиопьесы: выстраивание сюжета, конструирование логики спора, выбор слов и интонаций... Я очень гордилась, когда после нескольких лет упорной работы в этом жанре мои труды заслужили одобрительную оценку Майлена. После этого мне посчастливилось тоже попасть в круг его внимания и уважения.

Удивительным явлением были его дружеские советы. Он никогда не советовал в жанре «вообще». Если уж он брался помочь советом, то сразу создавался готовый сценарий действий. После этого он безотлагательно принимался сам за часть придуманной им работы, строго и придирчиво настаивая на том, чтобы и я безотлагательно совершала необходимые конкретные шаги. И получалось. Иногда не совсем то, что планировалось. Но всегда – интересно! Для меня это тоже была хорошая школа. Мы ведь всю жизнь учимся. И лучше всего – на конкретных примерах, сопровождаемых правильными словами. И уж, совсем замечательно – когда есть УЧИТЕЛЬ. Современная педагогическая психология объясняет, что в дошкольном детстве ребенок вообще всему учится только и исключительно по образцам, а речь, которую он очень заинтересованно по ходу дела усваивает, никоим образом поведением ребенка не управляет

(увы! – мамы и папы, - увы!). Майлен этой педагогикой владел в совершенстве и сам жил по законам этой педагогики. Он жил чисто и честно, совершенствуясь и тут же используя на практике, мастерство выражать словом мысль, описывать словом логику поступков и действий. Потому и любили его близкие и так дорожили общением с этим чудесным человеком.

«Лицом к лицу лица не увидать»... «Нет пророка в своем отечестве»... Как часто мы списываем тяготы жизни талантливых людей на эти прописные истины... Не так давно я извлекла из своих книжных запасов купленную несколько лет назад на бегу книжечку Василия Васильевича Кандинского «О духовном в искусстве». И открыла очень емкий образ, созданный В.В. (еще в 1908 году!): условный треугольник развития культуры. В.В. объясняет, что развитие культуры идет по пути осознания и освоения человечеством все новых и новых идей об устройстве мира. Жестокая логика этого развития во все века помещала на вершину треугольника особо одаренных одиночек. Уделом этих гениев и талантов было счастье открытия новых идей и гигантский труд по их воплощению в доступные для других символы: слова, формулы, нотные знаки, живописные образы. И их же уделом были страдания от непонимания близкими, а зачастую гонения и гибель. Неумолимо движется весь треугольник. В конце концов, идеи, бывшие достоянием одиночек, переходят в массовое сознание, то – есть, перемещаются от вершины треугольника к его телу и основанию, но долгие годы стирают при этом, как правило, имена героев-одиночек.

Чуть ранее углубления в представления Кандинского я познакомилась с замечательным трудом Владимира Павловича Эфроимсона «Генетика этики и эстетики», поразившим меня жесткостью утверждения, что судьба современного человечества напрямую зависит уже не от того, сколько и каких новых идей откроют герои-одиночки, но от того, насколько быстро и

продуктивно войдут в массовое сознание уже открытые ранее культурные ценности. Так получилось, что я поделилась этими мыслями с дошкольными педагогами в неформальной обстановке уютного застолья после научно-практической конференции. Дело было в Татарстане... Знаете, что сказали мне эти чудесные женщины о треугольнике Кандинского и тревоге Эфроимсона? – «Татьяна Васильевна! Мы готовы осваивать в работе с детьми самые современные научные идеи, - только помогите!»

Очень важно в наше время всеми возможными средствами быстро и эффективно переводить в массовое сознание те культурные ценности, которые созданы героическим творческим трудом одиночек во всех областях культуры. Именно поэтому так важно сейчас собрать все, что создано Майленом Константиновским, тщательно изучить, обобщить, перевести в технологии. Он сам, конечно и безусловно, был человеком с вершины треугольника Кандинского. Идею освоения Человеком языка Природы не в обезличенной форме научных законов, а через интересы конкретных представителей дикой природы и ради дружественного партнерства с природой Майлену в готовом виде воспринять было не от кого. Он был первым. И он был предан этой идее всю жизнь. Служил ей верой и правдой. И совершил чудо. Будучи человеком с вершины треугольника, он не только не стал изгоем в среде близких. Он совершил подвиг, добившись при жизни широчайшего внедрения этой идеи в массовое сознание. Потому что блестяще применил такой эффективный инструмент, как устная речь. Думаю, в этом согласятся со мной многие, испытавшие на себе очарование радиосериала КОАПП... И я думаю, что уж если, здесь и сейчас, активно использовать культурное наследие Майлена, лучше бы не книги выпускать и не слишком удачные телесериалы, а вернуться к исходному жанру – звукозаписи... Это может быть и открытый эфир, и комплекты аудиокассет или дисков.

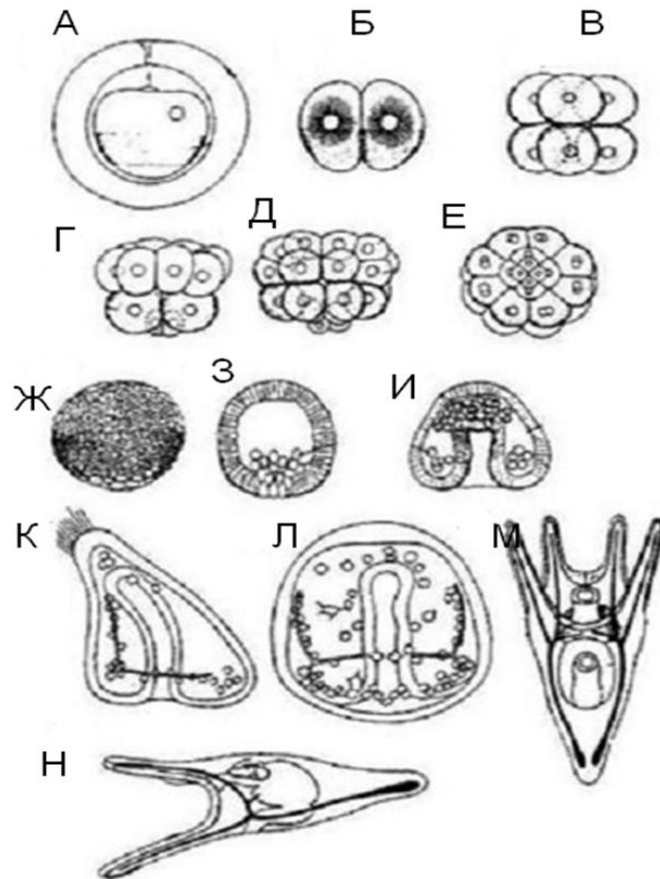
Грустно писать «был» о дорогом человеке. Преступно вовсе не писать о человеке, совершившем такой грандиозный прорыв в области развития культуры. Судьба человечества на планете Земля напрямую зависит от установления равновесных партнерских отношений с дикой природой. Придти к этому сможет только Человек, способный понимать язык Природы и уважать Права ее обитателей. Нас учил идти этим путем, учил красиво и изящно, замечательный человек – наш друг и товарищ Майлен Константиновский, писатель и драматург, педагог, радиоинженер и публицист.

КАК КЛЕТКА СТАНОВИТСЯ ВЗРОСЛЫМ СУЩЕСТВОМ?

В ГОСТЯХ У ПРОФЕССОРА ЧУКА – в октябре 1978 года

Заседание 9-е:

«Как клетка становится взрослым существом»



ВЕДУЩИЙ: В эфире научно-популярная программа для школьников – Семинар нерешенных проблем!

(Песня)

ВЕДУЩИЙ: Ну что же, участники семинара уже в сборе. Майя еще раз проверяет, все ли готово к докладу, наладил ли Варфоломей кинопроектор. Клара и Степан Степанович разбирают письма. Давайте послушаем, о чем они беседуют в ожидании своего руководителя – профессора Чука!

(...шуршание бумаг, переговоры ...)

КЛАРА: Майя, а вы письмо Светы Утюпиной из ... Красноярска читали?

МАЙЯ: Читала, Кларочка. Я даже написала ей ответ. Очень хорошее письмо. У Светы много вопросов по сегодняшней нашей теме. Особенно ее интересует, в какой момент у каждого организма появляется его неповторимая индивидуальность.

КЛАРА: Да, и еще: можно ли искусственно управлять развитием организма ... особенно развитием феноменальных способностей?

ВАРФ.: Ну! Это прямо на наш конкурс вопросов.

СТ.СТ.: А странно, что ребята не придумали до сих пор - названия для конкурса ... Мы ведь их просили.

ВАРФ.: Они, наверное, не поняли, что нужно сделать. Давайте, еще раз объясним. В прошлый раз, ребята, мы договорились провести конкурс интересных вопросов по темам наших заседаний. Но названия для конкурса пока не выбрали. Так что присылайте предложения, а то будете лауреатами конкурса УСОВ, как Майя придумала.

КЛАРА: Ой, а я уже забыла, что это значит ...

ВАРФ.: Очень просто – взяла первые буквы от слов: умные советы, оригинальные вопросы, - вот и получилось «УСОВ».

СТ.СТ.: Ну, хорошо, название – названием, а вопросы-то на конкурс ребята присылают?

МАЙЯ: По теме сегодняшнего заседания, я уже говорила, интересные вопросы у Светы Утюпиной из Красноярска ... у Игоря Суворова из Череповца ...

ВАРФ.: Володя Толмачев из Новокузнецка спрашивает о самых древних этапах эволюции.

КЛАРА: А Лена Минеева из города Истры предлагает обсудить, какие силы изменяют наследственные программы.

ВАРФ.: О-о, это вопрос ...

КЛАРА: Сразу видно, Лена всерьез увлекается биологией.

СТ.СТ.: А вот такие вопросы принимаем на конкурс? Почему люди считают, что подкова приносит счастье, а число тринадцать сулит, напротив, горе? ... (оживление).

ЧУК: Здравствуйтесь, друзья! Почту просматриваете? Вопросы на конкурс идут? ... Прекрасно ...

(... здороваются, усаживаются, затихают ...)

Сегодня, как мы договорились, нам предстоит разобраться, по каким законам и правилам из отдельной клетки вырастает целый организм ... Докладчик – Майя ... (шутит)... Было, кажется, домашнее задание: прочесть школьный учебник, – ну как, все справились?

СТ.СТ.: Ученики мы старательные – маловато показалось: там всего несколько страниц ... Мне внучка вот еще какую книгу дала: «От молекул до человека», - здесь интереснейшие опыты эмбриологов описаны!

КЛАРА: У-у, толстенная какая ...

СТ.СТ.: А какие иллюстрации прекрасные!

МАЙЯ: Да, это очень хорошая книга, Степан Степанович. В ней самые разные явления живого мира описаны.

СТ.СТ.: А главное, очень много вопросов по каждой проблеме: так и заставляют каждого - решение искать.

ЧУК: Наверное, стоит ее рекомендовать ребятам?

МАЙЯ: Безусловно. Особенно полезно с ней познакомиться тем, кто увлекается биологией. Книга издана в 1973 году в Москве в издательстве «Просвещение». В библиотеках она должна быть. Называется – «От молекул до человека».

КЛАРА: А я журнал «Химия и жизнь» принесла. Девятый номер. Здесь статья про то, как из клеток разных животных можно слепить целый организм.

ВАРФ.: Что?! Как это можно «слепить» организм? Да еще из клеток разных животных?!

ЧУК: Я тоже обратил внимание на эту статью. Уж очень иллюстрации необычные. На одной странице мифические существа – химеры: то лошади с

человеческими головами, то люди с головой быка. На другой странице – мыши в полосочку ... Фантастика какая-то!

МАЙЯ: Никакой фантастики. Если на ранней стадии развития объединить несколько зародышей, то можно действительно получить животное – химеру. Таких животных называют мозаичными, потому что у них органы и ткани состоят из клеток разных животных.

СТ.СТ.: Не понимаю, а зачем таких чудовищ создавать?

КЛАРА: Да они вовсе не чудовища, Степан Степаныч! Одна исследовательница по десять зародышей объединяла, - а получала каждый раз обычную на вид мышь ... У них там внутри как-то все само собой регулируется, понимаете?

ЧУК: Я лично не совсем понимаю: как могут органы или ткани состоять из клеток разных животных? По-моему, даже пересадка целых органов от одного существа к другому и то с большим трудом удается?

ВАРФ.: Ну, конечно, иммунитет мешает: организм-хозяин отторгает чужие ткани.

ЧУК: (с улыбкой) Про иммунитет, Варфоломей, я тоже кое-что слышал. Но как, по-вашему, у химер вообще иммунитета нет?

ВАРФ.: Да ... не знаю ... А у химер клетки, наверное, не могут попросту разобрать, который организм – хозяин. У них ведь, Майя вот говорит, клетки с самого начала развития перемешаны ...

СТ.СТ.: Но как же «перемешивают» клетки?

МАЙЯ: Это очень тонкая операция, Степан Степанович. Из тела матери вынимают зародыш, который состоит

еще всего из нескольких клеток. Затем аккуратно освобождают его от защитных оболочек и сталкивают с другим таким же зародышем... Тут и иглы стеклянные в ход идут, и волосяные петли, и тончайшие пинцеты ... Если все аккуратно сделано, то зародыши уже сами собой объединяются и продолжают развиваться вместе.

ЧУК: Очень интересно.

МАЙЯ: Но я не хотела бы начинать разговор с химер! Все-таки это отклонение от нормы.

ЧУК: Хорошо. Расскажите сначала о нормальном развитии.

МАЙЯ: По всем правилам развитие любого многоклеточного существа всегда начинается с одной клетки.

КЛАРА: Ой, а по-моему, - не всегда! Когда я училась в школе, мы в ботаническом кружке бегонию выращивали из целых листьев!

СТ.СТ.: Между прочим, я тоже не раз выращивал и розы из черенков ... и тюльпаны из луковиц.

ЧУК: Да-да ... и нарциссы тоже! Как же так, Майечка?

МАЙЯ: Можно привести и другие примеры, кроме тюльпанов и нарциссов ... Но существа дела они не меняют ...

ЧУК: То есть, как это «не меняют»?! одна клетка – это одна клетка, а в листе или луковице – их сколько?!

ВАРФ.: Наверное, это тоже пример ненормального развития!?

МАЙЯ: Ну что ты, Варфоломей, вполне нормального ... Просто, это частные случаи ... А самый общий путь развития и для животных, и для растений – это развитие

из одной клетки! Он включает в себя рост клеток, их деление и дифференцировку, проще говоря, специализации, ...

ВАРФ.: Майя, а почему клетки делятся? ... Вот у меня письмо от Игоря Суворова из Вологодской области. Он пишет, что деление клетки лишь в какой-то мере вызвано увеличением ее размеров, а истинная причина в каких-то биохимических процессах. По-моему, Игорь прав ...

МАЙЯ: Видите ли, Варфоломей, как происходит деление, мы знаем довольно хорошо ... Это подробно описано.

ВАРФ.: Ну да: молекулы ДНК удваиваются, - вы нам как-то рассказывали, а почему?

МАЙЯ: Я понимаю ваш вопрос, но, к сожалению, мы пока очень мало знаем о тех силах, которые регулируют деление. А еще более непонятно, когда и как возникают разные свойства клеток, скажем, мозга, печени или других органов.

КЛАРА: Может быть, у них молекулы ДНК разные?

ВАРФ.: Гениально!

МАЙЯ: Но не верно. Доказано, что во всех взрослых клетках молекулы ДНК одинаковые. И в принципе любая специализированная клетка может развиться в целый организм.

ВАРФ.: Подумать только – в каждой клетке взрослого существа полностью вся наследственная программа сохраняется!

ЧУК: Да, удивительное дело! А скажите нам, пожалуйста, Майя, какие-нибудь организмы уже удалось вырастить из дифференцированных клеток?

МАЙЯ: Табак ... морковку.

ЧУК: А, может быть, это просто ... как вы говорите, частные случаи?

МАЙЯ: Нет, совсем не частные. Можно доказать, что не только у растений, но и у животных в ядрах взрослых клеток хранится вся наследственная информация. Например, у лягушки ядро зародышевой клетки заменяли ядром, взятым из взрослой клетки, кажется, из клетки кишечника, и все равно развивалась нормальная лягушка.

СТ.СТ.: Майечка, а вообще это трудно – искусственно живые клетки выращивать? Я вот слышал, что клетки жень-шеня выращивают и лекарство из них получают?

ЧУК: Степан Степаныч! Это вопрос не по теме.

СТ.СТ.: У меня и другой вопрос есть, - ближе к теме. Вы знаете, кто первый инкубатор изобрел?

ЧУК: Товарищи, кто знает?

ВАРФ.: Англичане ... в восемнадцатом веке?

СТ.СТ.: Нет!

КЛАРА: Знаю! Древние греки!

СТ.СТ.: Не угадали! ... Древние египтяне – три тысячи лет назад. А что касается древних греков, могу сказать, что сам великий Аристотель увлекался эмбриологией: он подкладывал по двадцать яиц под курицу, потом вскрывал их день за днем и описывал подробности развития ...

ЧУК: А почему ... именно двадцать, Степан Степаныч?

КЛАРА: Профессор, это ведь так просто!

ЧУК: А-а ... понял – за двадцать дней зародыш полностью развивается?!

КЛАРА: Ну, конечно!

ВАРФ.: Клара, ты слишком много знаешь ...

КЛАРА: Детские книжки надо читать ... «Веселую семейку» помнишь? То-то!

ЧУК: Между прочим, друзья, ЮНЕСКО учредил в этом году медаль в честь Аристотеля.

СТ.СТ.: По-моему, и мы могли бы провести юбилейное заседание. Он вполне достоин такой чести.

ЧУК: Это идея! ... Ох, простите, Майя, мы кажется опять отвлеклись от темы ... На чем мы остановились?

МАЙЯ: На древних греках. Древнегреческие ученые: Гиппократ, Аристотель, Плутарх, - оставили нам труды, в которых правильно замечают, что развитие включает в себя рост и специализацию отдельных частей, то есть, дифференцировку.

ВАРФ.: Уж не Плутарх ли поднял знаменитую проблему: «что было вначале – яйцо или курица»?

СТ.СТ.: Гораздо важнее, что уже в те времена боролись две непримиримые теории развития!

КЛАРА: Здорово! Как в проблеме движения материков! Какие же теории и кто победил?

МАЙЯ: Никто.

СТ.СТ.: Простите, Майя, я специально этим вопросом интересовался. По-моему, прав оказался Аристотель. Он считал, что все части организма образуются заново из бесформенного вещества, которое заключено в зародышевой клетке. А вот противники его

заблуждались! Они считали, что внутри зародыша уже заложены, правда, в уменьшенном виде, все органы и ткани, а при развитии они только увеличиваются в размерах.

КЛАРА: И как же убедились, что прав Аристотель?

СТ.СТ.: Да просто не увидели в микроскоп никаких миниатюрных цыпляточек или тигряточек ...

МАЙЯ: Должна вас немного разочаровать, Степан Степаныч, Аристотель – не то чтобы совсем не прав, он не совсем прав. Он считал вещество зародыша абсолютно бесформенным ...

СТ.СТ.: *(перебивает)*... Послушайте, Майя, не мог же Аристотель 2300 лет назад знать, что в клетках существуют ядра и другие частицы.

ВАРФ.: Слушайте, а при чем тут вообще внутриклеточные частицы – ведь при делении клетки все равно все сначала удваивается, а потом делится ровно пополам.

МАЙЯ: Нет, Варфоломей, только ДНК делится точно пополам, а все остальное содержимое клетки – не точно.

ВАРФ.: Допустим. Но ведь все равно всем управляет ДНК, а именно от нее зависит, как будет работать клетка!

КЛАРА: Ты так говоришь – «работать», - будто это машина!

МАЙЯ: Да уж если с чем и сравнивать работу клетки, то скорее с химическим заводом. Такой маленький заводик, а идут на нем одновременно 2000 разных химических реакций.

ЧУК: Стоп-стоп! Мы, кажется, говорили об Аристотеле!

МАЙЯ: Вот именно. Так вот Аристотель считал вещество зародыша абсолютно бесформенным, и в этом был неправ. Внутри клетки много разных частиц, которые при делении клетки распределяются неравномерно. Ну, конечно, за исключением ДНК. Однако теперь уже удалось выяснить, что работа ДНК зависит от того, какие частицы ее окружают.

ЧУК: Значит, если дочерние клетки получают, как вы говорите, разные части родительских клеток ... то одинаковые молекулы ДНК могут работать в них по-разному? ... Очень интересно ... А у меня, знаете ли, появились в связи с этим некоторые соображения. Вы только что назвали цифру – сколько реакций идет одновременно в клетке?

МАЙЯ: Около двух тысяч.

ЧУК: А сколько разных реакций запрограммировано в ДНК?

МАЙЯ: Ну, это у всех по-разному. У бактерий, например, несколько тысяч.

ЧУК: Не будем о бактериях, давайте сразу говорить о многоклеточных ...

МАЙЯ: У многоклеточных запрограммированы сотни тысяч реакций, может быть, даже миллионы. Чем длиннее ДНК ...

ЧУК: ... (перебивает)... Понимаю. Значит, выполнить всю наследственную программу одна клетки многоклеточного существа не в состоянии. Вот они и разделяют работу между собой! ... Итак, одновременно в каждой клетке идут всего две тысячи

реакций. ... Но какие именно? Я хочу сказать, какие реакции выбирает клетка из возможных миллионов?

МАЙЯ: Вот этого пока биологи не знают, мы еще не выяснили, как регулируется работа ДНК у многоклеточных.

ЧУК: Жаль-жаль, Майя ... Ну, а какие-нибудь самые простые правила развития для самых простых существ уже известны?

МАЙЯ: Да, известно, например, как развивается вирус. Сначала идет синтез белков по наследственной программе, потом белки собираются вместе. Здесь действует принцип самосборки. Биологи открыли его не так давно. Оказывается, форма вирусов прямо зависит от того, из каких белков они состоят. Ну вот у кристаллов происходит то же самое. Одни минералы одну форму приобретают, другие – другую.

ЧУК: А для многоклеточных организмов эти простые правила не годятся?

МАЙЯ: Годятся. У многоклеточных тоже происходит синтез белков и их самосборка. Но проблема в том, что разные клетки многоклеточных организмов почему-то синтезируют разные белки.

ЧУК: Понятно, значит, клетки кожи, нервов, глаза отличаются друг от друга тем, что они синтезируют разного рода белки, хотя в каждой клетке есть полная копия ДНК. Остается понять, как происходит специализация клеток. Почему разные клетки используют только часть наследственной программы, причем вполне определенную часть.

МАЙЯ: Правильно. Нам необходимо выяснить, как узнает каждая клетка, какую часть программы ей выполнять и в какой момент развития ей нужно начинать делать не то, что делают соседние клетки. ... Пока я, к сожалению, не могу вам этого объяснить.

КЛАРА: Я слышала на Генетическом конгрессе ... – все знают, что в Москве в августе этого года Всемирный генетический конгресс проходил?

ЧУК: Ну, конечно, все знают ... Что же вы там слышали, Клара?

КЛАРА: Доклад о регуляции ДНК.

ЧУК: И о чем же говорилось в докладе?

КЛАРА: ...*(смущаясь)* ... Ну, в общем, ... то же самое, что Майя говорит ... что эта проблема еще не решена ...

СТ.СТ.: Ничего, научимся скоро регулировать развитие и будем гениев в пробирках выращивать!

МАЙЯ: Для начала, Степан Степаныч, не гениев, а хотя бы запасные органы для себя самих ... У вас, случайно, печенка не шалит?

СТ.СТ.: Ох, и не только печенка!

МАЙЯ: Вот видите. Казалось бы, чего проще – заменить больной орган здоровым? Хирурги, во всяком случае, за это берутся. Проблема в том, где взять такой орган. ... научились консервировать органы людей, погибших в катастрофах. И что же? Не принимает организм-хозяин чужой орган. Несовместимы белки разных организмов. ... А вот если бы можно было выращивать новые органы из отдельных клеток самого организма-хозяина, проблема замены органов была бы решена.

СТ.СТ.: Ну, это фантастика!

ВАРФ.: Почему фантастика? Ведь удастся выращивать даже целые организмы из отдельных клеток. ... Например, табак из листьев!

СТ.СТ.: Ну, это – растения! У них все проще!

МАЙЯ: И у человека вырастает на месте повреждения новая кожа ... И печень способна восстанавливаться.

КЛАРА: И хвост у ящерицы!

МАЙЯ: Конечно. Нужно только научиться управлять этим процессом, - его называют регенерацией.

СТ.СТ.: Ну, я думаю, до этого еще далеко.

ЧУК: Не будем спорить, друзья. Времени мало, а Майя обещала нам о химерах еще рассказать.

МАЙЯ: Вот теперь с удовольствием. Чтобы понять законы развития, очень важно изучать отклонения от нормы: причины таких отклонений ... Особенно интересны отклонения, которые можно самим создать в условиях лаборатории. ... Да, кстати, кто-то, кажется вы, Варфоломей, спрашивали, на случайном ли месте возникают изменения формы у зародыша? Не на случайном. Голова зародыша образуется из клеток одного участка, хвост – другого. ... Например, делали такой опыт. Пересаживали клетки, из которых должен развиваться хвост, на то место, из которого развивается голова. ... И как вы думаете, что получилось?

ЧУК: Трудно сказать ...

МАЙЯ: Голова!

ЧУК: Значит, дело не в самой клетке, а в месте, на которое она попала?

МАЙЯ: Выходит, так.

СТ.СТ.: Ну, а как же клетка узнает, где она находится?

МАЙЯ: Она ориентируется на соседей. Клетки умеют обмениваться между собой сигналами. Это очень важно для развития. ... Например, проводили такой опыт. Выделяли часть клеток, из которых должна развиваться нервная система ... совсем выделяли из зародыша и переносили в инкубатор. Клетки росли, делились, но нервная система не развивалась. Тогда попробовали поместить рядом с ними другие клетки, взятые из соседнего участка того же зародыша. И что же? Как только эти два типа клеток смогли обмениваться сигналами, они начали дифференцироваться, то есть выполнять свою работу, как они делали бы это в организме.

ЧУК: Замечательно!

МАЙЯ: Да. За эти опыты еще в 1935 году Нобелевскую премию дали.

ВАРФ.: Майя, а каким образом клетки обмениваются сигналами?

МАЙЯ: А они направляют друг к другу свои отростки и в местах встречи этих отростков передают друг другу какие-то вещества или электрические импульсы.

ВАРФ.: Прямо стыковка в клеточном космосе!

ЧУК: А что за вещества они передают?

МАЙЯ: Вот это трудно сказать. Мы знаем некоторые вещества, которые могут повлиять на работу ДНК. Но это все наши лабораторные препараты. ... А какими веществами пользуется сама клетка, да еще в организме? ... Это пока не известно. ... Ну и, наконец, о химерах. Это совсем новая область исследования и очень многообещающая. Ведь в тех случаях, когда

удается получить мозаичное животное, можно проследить судьбу отдельных клеток. Не всегда, конечно. Вот представьте себе, смешали в зародыше клетки черной и белой мыши. ... Какая окраска будет у химеры?

ЧУК: Черно-белая, по-видимому?

МАЙЯ: Черно-белая, но не просто пестрая, а одни участки будут черные, другие – белые. Располагаться они могут по-разному: и в шахматном порядке, и полосами. ... Но их всегда ровно семнадцать пар. Понимаете, что это значит?

КЛАРА: (вздыхает) ... Не очень ...

МАЙЯ: Ну как же! Это значит, что вся кожа образуется из семнадцати зародышевых клеток! Такие же подсчеты сделали и для других органов. Оказывается, что печень, например, происходит из двух клеток, а каждый позвонок – из четырех! ... Думаю, что в ближайшее время мы услышим еще немало интересного и нового о развитии многоклеточных именно благодаря изучению мозаичных животных!

ЧУК: Будем с нетерпением ждать, когда наступит это время. Да, кстати, о времени: этот тема нашего следующего заседания. Думаю, что проблема времени интересует многих наших слушателей. Пишите нам, дорогие ребята, о чем бы вы хотели услышать на заседании Семинара Нерешенных Проблем, посвященном времени. ...

КЛАРА: И задавайте вопросы!

ЧУК: Поинтересней и пооригинальней! К Новому году подводим итоги конкурса... Следующее заседание

будет, как всегда, в понедельник в 16 часов 30 минут – 16 ноября. ... Адрес наш не забыли? 113326. Москва. Радио. Детская редакция. Мне: профессору Чуку. До новых встреч в эфире!

(Песня)

В ГОСТЯХ У ПРОФЕССОРА БЕЛОУСОВА - летом 2009 года



Лев Владимирович Белоусов:

Профессор кафедры эмбриологии МГУ с 1978 г.; родился 18 июля 1935 г.; окончил МГУ в 1957 г., аспирантуру МГУ в 1960 г., доктор биологических наук, профессор; основное направление научной деятельности: морфогенез беспозвоночных и позвоночных животных; академик РАН, член редколлегии журналов "Онтогенез" и "Rivista di Biologia (Biology Forum)"; член Совета директоров Международного института биофизики (ФРГ).

В 2005 году к 250-летию МГУ имени М.В. Ломоносова была издана серия книг «Классический университетский учебник», в которую вошли и «Основы общей эмбриологии» Л.В. Белоусова. В свое время участники радиосеминара профессора Чука сетовали, что школьные программы не дают учащимся не только новейших представлений из области биологии развития, но и тех, что уже проверены временем. Школьные учебники – особая статья, но вот из университетского учебника Л.В. Белоусова можно узнать много интересного о том, чем занимаются и о чем спорят ученые, изучающие развитие живых систем. Лев Владимирович ознакомился с пьесой «*Как клетка становится взрослым существом?*» из архива радиосериала «Семинар нерешенных проблем» и согласился побеседовать с участниками Семинара профессора Чука – журналисткой *Кларой* и биологом *Майей*, чтобы помочь им оценить с позиций науки XXI века состояние проблем, которые обсуждались в гостях у профессора Чука в 1978 году.

МАЙЯ: Лев Владимирович! 30 лет назад участники «Семинара нерешенных проблем» с интересом обсуждали, по каким законам и правилам из отдельной клетки вырастает целый организм. Говорили о том, как важно, чтобы понять законы развития, изучать

отклонения от нормы: причины таких отклонений. Рассказывали об интересных отклонениях, которые можно самим создать в условиях лаборатории: например, мозаичных животных. Что изменилось с тех пор? Какие проблемы решают сейчас ученые эмбриологи? Какими методами они пользуются в наши дни?

Л.В.: Наиболее сложные и тонкие процессы, которые совершаются в развитии организма, связаны, пожалуй, с выбором отдельными клетками своей будущей судьбы. Как отдельные клетки, обладая единой наследственной программой, приобретают стойкие внутренние различия между собой? Как возникают в разных частях организма устойчивые типы клеток, столь разные по свойствам и форме? Важный вклад в решение этих вопросов внесло развитие молекулярной биологии. Мы теперь знаем, что клеточная дифференцировка основана на синтезе специфических белков. Конечно, подавляющее количество «рабочих» белков (структурных, ферментных) неспецифично: они есть в любых клетках. Специфические белки иногда еще называют «белками роскоши».

МАЙЯ: А какие-нибудь примеры таких белков можно назвать?

Л.В.: Да, конечно! Это коллаген – у фибробластов; кератин – у клеток кожи; миозин – у мышечных клеток; гемоглобин – у эритроцитов. А у *B*-лимфоцитов – клеток иммунной системы – вообще миллион разных клонов, которые отличаются по синтезу специфических белков-антител.

КЛАРА: Но ведь клетка, даже очень специализированная, это не мешок с белками? Чем-то они еще должны отличаться?

Л.В.: Конечно. Клетки разных типов приобретают при дифференцировке и свою особую архитектуру, удобную для выполнения специфической функции. Эритроциты, которые снабжают ткани всего тела кислородом, – это мелкие лепешечки, утратившие ядра и переносимые током крови по всему организму. Тела нервных клеток, напротив, никогда не меняют своего

положения, но зато их отростки – дендриты и аксоны – продвигаются очень далеко от тела клетки и устанавливают контакты с множеством других клеток, получая от них информацию и передавая им сигналы от центров регуляции.

МАЙЯ: Специфика строения разных клеток связана, как правило, с особенностями строения клеточных мембран и внутриклеточных опорных белков.

Л.В.: Да, наличие в клеточных мембранах специфических белков-рецепторов позволяет разным клеткам улавливать из окружающей среды именно свои сигналы и отвечать именно на них. Внутриклеточные структурные белки позволяют клеткам приобретать полярность в пространстве, а также передвигаться.

МАЙЯ: Например, так делают фибробласты, когда они заживляют рану.

Л.В.: Да. Очень сложную архитектуру имеют клетки, распознающие свет, – это подробно описано в моем учебнике.

КЛАРА: Лев Владимирович, а ученым уже понятно сейчас, почему определенные клетки зародыша дифференцируются в строго определенном направлении? И почему различные типы клеток закономерно располагаются в целом органе?

Л.В.: В этом состоит одна из главных проблем не только эмбриологии, но и биологии в целом. Она еще очень далека от окончательного решения.

КЛАРА: Расскажите, пожалуйста, о том прогрессе, который был достигнут в последние годы!

Л.В.: Молекулярная биология установила основные представления о регуляции синтеза белков. Например, установлена важная роль в регуляции генов процесса метилирования-деметилирования различных участков ДНК по цитозину.

МАЙЯ: Это как раз та проблема, которой успешно занимался последние десятилетия профессор Ванюшин.

Л.В.: Да-да! То, что в дифференцированных клетках сам геном не меняется, было доказано еще в прошлом веке.

МАЙЯ: Например, удалось вырастить целые растения моркови и табака из одиночных взрослых клеток. Успешно провели опыты по удалению ядер яйцеклеток лягушек и замене их ядрами клеток кишечника или почки, получив в ряде случаев вполне приличных головастиков.

Л.В.: Но напрямую доказать, что геномы большинства соматических клеток эквивалентны, удалось только с помощью молекулярной гибридизации нуклеиновых кислот. Например, получили данные, что ДНК всех типов клеток мыши имеют одинаковое количество и одинаковые типы последовательностей нуклеотидов. Методами генной инженерии удается получать радиоактивные метки активных участков генома. Выяснилось, что уже в начале дробления зародыша, когда еще никак не проявляются архитектурные и функциональные различия между клетками, активность генов уже отличается, например, по направлению передне - задней оси зародыша (это направление возникает еще в яйцеклетке). Другая интересная закономерность, кстати, общая для всех животных от пресноводной гидры до млекопитающих: гены, располагающиеся ближе к 3'-концу нити ДНК, активируются ближе к переднему концу передне - задней оси тела.

КЛАРА: Да! Но почему данная клетка или группа клеток дифференцируется в том или ином направлении в определенное время и в определенном месте зародыша? Она «знает» свое расписание сама? Или реагирует на сигналы извне? И что это за сигналы?

Л.В.: Сигналы есть и их много. Развивающаяся клетка реагирует на определенные химические вещества, на температуру, свет, электрические поля и механические напряжения. Среди химических воздействий детально изучено, например, как влияют

на активность генома гормоны роста. Много интересных данных получено о влиянии на развитие гормона щитовидной железы – тироксина. Например, у головастиков амфибий клетки разных отделов зародыша отличаются по чувствительности к тироксину. В итоге этот гормон вызывает рассасывание клеток хвоста и одновременно интенсивный рост конечностей. Очень важны для любой клетки контактные взаимодействия с соседями. Нарушение контактов с соседями может привести к утрате дифференцировки и даже к злокачественному перерождению клеток.

МАЙЯ: Но если такое множество факторов влияет на активность генов, то мы вправе задать вопрос: кто кем управляет? Гены – клетками или клетки – генами?

Л.В.: Хороший вопрос. К сожалению (или к счастью?), уже развеялись первые иллюзии, что, узнав строение генома, мы поймем, как он управляет работой отдельных клеток и многоклеточного организма в целом. Петербургский цитолог Ю.М. Оленов еще в 1967 году писал: *«Изучая любой пример онтогенеза, мы убеждаемся, что гены представляют собой не диктаторов, от которых зависит ход событий, а скорее чиновников, работающих соответственно установленным традициям»*. Действительно, сейчас изучены на молекулярном уровне подробности активации одних и тех же сигнальных путей, детали экспрессии одних и тех же генов у разных видов животных или у одного и того же вида, но на разных стадиях развития. Эти данные заставляют признать, что не гены или сигнальные пути, взятые сами по себе, управляют дифференцировкой клетки, а наоборот: клетка в соответствии со своей природой, пройденным путем развития (своей онтогенетической «историей») и, главное, в соответствии со своим положением в целом организме, «решает», как ей использовать тот или иной молекулярно-генетический механизм.

КЛАРА: То есть, геном – это инструмент? А клетка решает, как им пользоваться? Но разве она может принять такое решение сама, без генома?

Л.В.: Современная наука все ближе подходит к пониманию того, что клетка представляет собой целостное образование, части которого так между собой переплетены, что невозможно рассматривать их функции изолированно. Сам по себе геном – это не мозаика из независимых генов, как когда-то думали, а целостное образование. А в клетке геном связан с множеством других структур цитоплазмы и клеточной мембраны. И то, что мы называем «решениями клетки», вырабатывается именно в этой целостной структуре. Впрочем, некоторые относительно простые «решения», например, не требующие синтеза новых белков, могут «приниматься» и в безъядерных фрагментах клеток, не содержащих генома.

МАЙЯ: Хорошо, допустим, разобрались с проблемой дифференцировки. Но тогда встает проблема устойчивости: как клетке сохранить то, что полезно для организма в целом? Не сломаться? Не превратиться, - упаси Боже! – в злокачественную?

Л.В.: В конце концов, в любом живом организме все со временем портится. И это называется – старение. С позиций современной биологии развития, старение – неизбежная расплата за дифференцировку.

КЛАРА: Не слишком ли дорогая расплата?

Л.В.: Не слишком, если учесть, что дифференцировка создала разумный мозг, а разум – науку и вообще культуру в целом.

КЛАРА: О старении Майя беседовала недавно с академиком Скулачевым по поводу нашего заседания на тему «*Лет до старости нам без старости*» из сериала «Семинар нерешенных проблем»... Так интересно!

МАЙЯ: Лев Владимирович! Расскажите, пожалуйста, немного подробнее о взрослении организмов.

Л.В.: Один из механизмов, который поддерживает определенные гены в неактивном состоянии – это наследование «рисунка» метилирования ДНК в последовательных клеточных поколениях. ... Иногда это явление обозначают как эпигенетическую наследственность.

МАЙЯ: Это тоже из области компетенции профессора Ванюшина: мы это чуть позже обсудим. Лев Владимирович, а как себе представляет современная эмбриология механизмы роста и его регуляции?

Л.В.: Еще в 20-х годах прошлого века было предложено простое физиологическое объяснение процессу замедления и остановки роста при взрослении. Скорость роста зависит от скорости синтезов, а синтезы требуют энергии дыхания, которое зависит от поглощения кислорода со скоростью, пропорциональной поверхности тела. Одновременно в организме идет распад, скорость которого пропорциональна объему тела. Так как при росте объем тела увеличивается быстрее, чем поверхность, то рост будет постепенно замедляться, пока совсем не остановится. В последнее время развиваются еще более общие подходы, связанные с тем, что живые организмы рассматривают как термодинамически открытые системы, стремящиеся к стационарному состоянию. Такие взгляды развивал Илья Пригожин – Нобелевский лауреат 1977 года, а в приложении к процессам роста – А.И. Зотин.

МАЙЯ: Вы рассматриваете в учебнике эксперименты, в которых выявлены факторы, более или менее специфически тормозящие или стимулирующие рост. Например, у гидр и червей головные концы тела подавляют рост задних отделов тела. ...

КЛАРА: Майя, пожалуйста: мы ведь хотели обсудить эти проблемы отдельно в связи с нашим старым заседанием на тему «*Где быть голове?*»!

Л.В.: Хорошо, - пока отложим... Очень интересные закономерности роста выявил анализ простого биологического смысла в развитии. Для любого организма важно не превысить определенных отношений между массой тела и мощностью опорных (элементы скелета) и двигательных (мышцы) структур. Важность того, чтобы растущий организм не оказался раздавлен собственной тяжестью, привела к эволюционному отбору наиболее выгодных форм. Описание закономерностей формообразования живых систем – одно из увлекательнейших и красивейших направлений биологии.

КЛАРА: Я слышала, что изучением живых форм занимался и очень успешно – Гете.

Л.В.: Да, великий немецкий поэт Гете был прекрасным ботаником! Вообще в изучении симметрии живых форм сделано очень много интересного ...

КЛАРА: Лев Владимирович! А что вы можете сказать о природе флуктуирующей асимметрии? Я с этим понятием встретила, когда помогала Майе привлекать школьников к практическим экологическим исследованиям.

МАЙЯ: Группа ученых из экологического центра, который возглавляет А.В. Яблоков, провела исследования нарушений симметрии у билатерально симметричных животных и рекомендовала некоторые методики для экспресс-оценки здоровья окружающей среды.

КЛАРА: Мы несколько раз с группами школьников проводили такие исследования, используя листья березы. Мы получили интересные результаты под Воронежем, под Москвой, в Астрахани и в Москве. Даже издали такую брошюру «Секрет зеленого листа».

МАЙЯ: Школьникам такие исследования очень нравятся, но меня немного озадачивает то, что рекомендовавшие эту методику ученые отзываются о закономерностях этого явления, как об

эмпирически установленных, и не дают объяснений его природы на современном молекулярно-генетическом уровне.

Л.В.: Флуктуирующая асимметрия – очень интересное явление. Оно как раз относится к той категории процессов, которая не может быть «напрямую» запрограммирована в геноме, и которая находится где-то на грани хаоса и порядка. К началу XXI века мы узнали очень многое об активности генов в развитии, о способах сигнализации внутри клеток и между клетками. И все же мы не можем с уверенностью ответить на простой вопрос: почему в ходе развития происходит закономерная смена форм и структур? Дело в том, что до сих пор биологи искали ответ на этот вопрос, исходя из принципа, что набор структур и процессов каждой предыдущей стадии развития должен однозначно определять набор, характерный для последующей стадии.

КЛАРА: А разве это не так?!

Л.В.: Конечно, нет. Развитие всегда идет по пути *самоусложнения* и поэтому однозначной причинной связи между предыдущей и последующей стадией онтогенеза найти невозможно.

КЛАРА: И что: это вообще – нерешенная проблема?

Л.В.: Нет, почему же! Просто к построению общей теории развития нужно привлечь понятия теории самоорганизации, которая как раз и рассматривает процесс *самоусложнения*. Например, много полезного для изучения возникновения и изменения симметрии живых форм можно извлечь из понятий теории симметрии и топологии.

МАЙЯ: Да-да: вы пишете об этом в главе 11 вашего учебника!

Л.В.: Можно посоветовать 11-ю главу тем, кто интересуется этим вопросом, хотя при этом придется углубиться в довольно сложные построения.

КЛАРА: Но ведь еще Аристотель говорил своему ученику – будущему великому полководцу Александру Македонскому – что в науке нет царской дороги?

Л.В.: Да, это так. Очень важное достижение современной науки – понимание роли колебательных процессов в развитии организмов. Например, показано, что у здоровых людей сердечные сокращения не строго ритмичны. Еще менее упорядочены колебания синтеза белка и другие процессы в тканях. Элементы хаоса в таких колебательных процессах совершенно необходимы для функционирования живых систем. Именно существование «на грани хаоса» позволяет организмам откликаться на достаточно малые внешние возмущения.

Хаотичность присуща не только колебательным процессам, но и морфологическим структурам: например, ветвящимся мелким кровеносным сосудам, жилкам на крыльях насекомых или на листьях. Как правило, такие структуры являются фрактальными, то есть себе подобными, повторяющимися примерно один и тот же узор на разных масштабах. Хаотичность и фрактальность тесно между собой связаны.

Теория самоорганизации описывает закономерные возникновения хаоса из порядка и наоборот. Одно из условий возникновения *порядка из шума*: пребывание сложной системы в термодинамически неравновесном состоянии, при непрерывной подкачке вещества и энергии.

КЛАРА: Но ведь это и есть – живые системы!

Л.В.: Да, поэтому такие теоретические построения очень важны для биологии. Например, показано, что такое фундаментальное свойство организмов, как полярность, порождается не биологическими, а общеприродными закономерностями, которые описывает теория самоорганизации. В терминах теории самоорганизации раскрывается точный смысл таких фундаментальных понятий эмбриологии, как, например,

дифференцировка и индукция. Развитие методов вычислительной математики и имитационного компьютерного моделирования открывает широкий простор для моделирования процессов морфогенеза и здесь еще работы – непочатый край!

КЛАРА: Кстати: это важно для тех, кого всерьез волнуют проблемы биоэтики, кого огорчает ситуация с использованием живых организмов как материала для экспериментальной работы!

Л.В.: Первичных биологических данных никакое моделирование не заменит, но использование теоретических моделей и компьютерных имитаций может значительно уменьшить количество опытов на животных – в XXI веке это вполне реально!

МАЙЯ: Мы обсуждали в прошлом веке тему «А прав ли Дарвин?». В этом году весь мир отмечает 200-летие великого Чарлза Дарвина. Лев Владимирович, в вашем учебнике есть раздел, посвященный сравнительно-эволюционной эмбриологии. Как вы смотрите сейчас на происхождение жизни на Земле?

Л.В.: Самое значительное в этой области – выяснение на основе современных экспериментальных данных того, что генетическое и морфологическое сходство некоторых двух систематических групп – вещи разные, непосредственно друг к другу не сводимые. ... Это не должно удивлять, так как на ход развития организма и, как следствие, на строение взрослой особи оказывают воздействие не отдельные гены, а сложные генетические сети, которые вне прямой зависимости от сходства и несходства своих элементов находятся в *ограниченном числе устойчивых состояний*.

Теоретический анализ внутренней динамики структуры онтогенеза обнаруживает в этом процессе все больше сходства с эволюцией, которая тоже является необратимым самоорганизующимся биологическим процессом. По-видимому, в основе обоих процессов лежат бифуркационные динамические структуры. В онтогенезе этапы плавного развития на устойчивом пути чередуются с короткими периодами мета- или

нестабильности, когда происходит выбор между двумя альтернативными устойчивыми дискретными путями развития. Похоже, что эволюционному процессу присуща такая же структура, которая только разворачивается не в масштабах жизни индивидуума, а в масштабах геологических времен.

МАЙЯ: Современная наука склоняется к тому, чтобы не только онтогенез и органическую эволюцию, но и эволюцию мира в целом, включая происхождение Вселенной, рассматривать как единый самоорганизующийся направленный процесс... Сформулирован «антропный принцип», согласно которому уже в первые доли секунды Большого Взрыва, породившего нашу Вселенную, физические процессы пошли таким путем, что предопределили возможность возникновения жизни вплоть до ее высших форм. ...

Л.В.: Такая точка зрения возвращает нас, хотя, конечно, на совершенно новом уровне, к биоцентризму античных мыслителей, особенно, Аристотеля. Онтогенезы организмов были подготовлены всем ходом развития Вселенной, и, значит, познавая закономерности этих самых сложных природных процессов, мы делаем важный шаг в постижении наиболее общих принципов устройства всего окружающего мира.

КЛАРА: Лев Владимирович! Я где-то читала, что Гете принадлежит метафора «этика сочувствия живому». Такой взгляд человека, успешно занимавшегося наукой, имеет большое значение в наше время, когда столь пристальное внимание уделяется вопросам биоэтики. Согласны ли вы с Гете? И как вы вообще относитесь к проблеме этических норм в экспериментах на живых организмах?

Л.В.:...Эмбриологи в вопросах биоэтики оказываются в лучшем положении, нежели, например, физиологи, потому что большинство наших работ проводится на донервных стадиях развития, когда зародыш еще ничего не чувствует. Но и нам,

конечно, приходится вскрывать взрослых лягушек или мышей. К этому надо относиться трезво. К сожалению, биология без вивисекции невозможна, но совершенно ясно, что страдания живых организмов необходимо сводить к профессионально необходимому минимуму. Разумеется, такие вещи, как вскрытие животных на уроках биологии в средней школе, должны быть категорически запрещены (до сих пор не могу себе простить, что мы, будучи студентами, на педпрактике в школе вскрывали наркотизированную кошку).

КЛАРА: Кажется, так оно и есть. Насколько я знаю, запрещено и коллекционирование насекомых.

Л.В.: Это совершенно правильно.

МАЙЯ: Лев Владимирович, мы так много внимания уделили вашему учебнику, что почти забыли о ваших собственных научных исследованиях! Скажите, пожалуйста, над какими проблемами сейчас работаете вы вместе со своими учениками?

Л.В.: На мой взгляд, одна из важнейших проблем в биологии развития - проблема *морфогенеза*.

КЛАРА: Морфо – значит форма, генез – развитие, - так ведь?

Л.В.: Совершенно верно! Первое, что видит любой наблюдатель развивающегося организма – это закономерное изменение и усложнение его формы и внутренней структуры: из шарообразной яйцеклетки или однородного диска возникает лягушка, курица или человек. Почему все это происходит? Почему в развитии одна форма или структура сменяется следующей?

КЛАРА: И уже понятно, - почему?

Л.В.: Многое понятно, но в целом это все еще область нерешенных проблем...

КЛАРА: Как раз то, что нужно!

Л.В.: Мы в нашей маленькой исследовательской группе на кафедре эмбриологии МГУ начали планомерные исследования в этом направлении около 40 лет тому назад. Для начала, мы

спросили себя – каким образом зародыш может «чувствовать» свою форму на столь ранних стадиях развития, когда нервная система и органы чувств еще даже не начали возникать? Ведь без какого-то «ощущения» своей формы зародыш не будет «знать», во что ее преобразовывать!

КЛАРА: А как же гены? Ведь считается, что все записано в генах?

Л.В.: Гены действительно влияют на развитие, иногда очень сильно: мутации по некоторым генам или их избирательное блокирование (нокаут) могут его исказить или полностью остановить. Но, с другой стороны, точно установлено, что одни и те же гены обеспечивают развитие самых разных органов и тканей, а формирование одних и тех же органов и тканей у близких организмов может зависеть от разных генов. Более того – у многих низших организмов уже «готовы» гены, которые начинают работать только у более высших.

МАЙЯ: Удивительно, - как это может быть?

Л.В.: Представьте себе: недавно обнаружено, что клетки самых низших многоклеточных животных – губок – уже имеют ген (*Рахб*), который при инъекции его в ткани насекомого создает там глаз.

МАЙЯ: Но у губок-то глаз и в помине нет?!

Л.В.: Глаз еще нет, а ген уже есть.

МАЙЯ: Короче говоря, зная набор генов данного вида, мы еще не можем сказать, какими органами он будет обладать? Фантастика!

Л.В.: Точно также, зная, какой ген в данный момент и в данной области зародыша работает, мы не можем сказать, какой именно орган в это время и в этом месте формируется. Не говоря уже о том, что время и место работы генов зависит не от них самих. Если угодно, влияние генов на развитие можно сравнить с влиянием технического состояния музыкального инструмента: правильно ли он настроен; все ли клавиши работают, - на исполнение той или иной музыкальной пьесы. Если инструмент не в порядке –

некоторые (хотя и не все) пьесы сыграть нельзя вовсе, или они будут искажены. Но понятно, что в самом инструменте (если это не шарманка!) никакой «информации» о последовательности звуков в пьесе нет. Если мы хотим знать – почему последовательность такая, а не иная - надо знать не устройство и техническое состояние инструмента, а совсем другое – законы гармонии, музыкальной формы и тому подобное.

КЛАРА: Как интересно...

Л.В.: Так вот, развивающийся организм – не шарманка, а музыкальный инструмент с большими «степенями свободы». Шарманки неспособны к адаптации и эволюции, они просто не могли бы существовать в изменяющемся мире. И законы преобразования форм в ходе развития – которые мы ищем – сродни законам музыкальной гармонии. Хотя, конечно, сказанное – не более чем аллегория, далеко не полностью отражающая реальность. Другую яркую аллгорию использовал по этому же поводу петербургский цитолог Ю.М. Оленов уже около 40 лет тому назад: *«Изучая любой пример онтогенеза, мы убеждаемся, что гены представляют собой не диктаторов, от которых зависит ход событий, а скорее чиновников, работающих соответственно установившимся традициям...»*.

МАЙЯ: Знаете, после того, как в современной биологии наконец одержали верх представления о крайней важности генетических факторов, как-то трудно согласиться с утверждением, что геном вовсе не содержит в себе сколько-нибудь однозначной информации о развитии. Впрочем, я недавно встречалась с подобной позицией в книге профессора Харольда. Он также считает, что геном не может однозначно определять развитие живых структур. Правда, окончательное решение этой проблемы Харольд оставляет будущим ученым, предполагая, что успех может принести использование компьютерных технологий.

Л.В.: Чтобы со всей строгостью сформулировать соотношения генетической и эпигенетической (непосредственно связанной с развитием) информации, полезно использовать понятия теории самоорганизации. Если считать, что информация о развитии изначально отсутствует, но возникает по ходу дела в самой развивающейся системе как таковой, мы вплотную подходим к представлению о морфогенезе как о процессе *самоорганизации*. И здесь помогает теория самоорганизации. Это мощная синтетическая отрасль современной науки с математической «сердцевиной» и ответвлениями в сторону физики, химии и биологии. Самые общие понятия теории самоорганизации совершенно по-новому высвечивают отношения между генетическими факторами и морфогенезом. Например, оказывается возможным рассматривать геном не как набор отдельных генов, а как крупные блоки, не изменяющие своей структуры на больших отрезках развития. Современная наука все более интересуется «крупноблочной» и трехмерной структурой генома и так называемыми генетическими сетями.

КЛАРА: И вы со своими сотрудниками и учениками ведете исследования именно в этом направлении? Изучаете самоорганизацию зародышей?

Л.В.: Мы работаем вплотную с одним классом моделей самоорганизации: механо-химическими моделями. В их основе лежит утверждение о ведущей морфогенетической роли обратных связей между так называемыми пассивными и активными механическими напряжениями в эмбриональных тканях. Пассивные механические напряжения – это те, которые вызваны механическими силами, внешними относительно рассматриваемого участка эмбриональной ткани. Активные же - генерируются «молекулярными машинами», локализованными внутри данного участка...

МАЙЯ: Естественно, - при затрате клеточной энергии!

Л.В.: Естественно. Физика учит, что в упругих телах форма тесно связана с механическими напряжениями: изменяя форму, мы изменяем «рисунок напряжений», и обратно. Не так ли обстоит дело в зародышах? Не могут ли они быть механически напряженными телами? Именно с изучения этого вопроса мы и начали нашу работу, причем сначала на нас смотрели как на глубоких чудаков: механика тогда была совершенно не в моде; считалось, что развитие организмов полностью определяет химия, а что может быть *механохимия*, тогда мало кто предполагал.

МАЙЯ: Да! Теперь так много известно о молекулярных «двигателях» внутри живых клеток. И вообще, о разнообразных механических напряжениях, которые создаются теми или иными молекулами за счет клеточных ресурсов энергии!

Л.В.: Так вот. Оказалось, что ткани зародышей весьма заметно механически напряжены и «рисунки» механических напряжений закономерно меняются по ходу развития.

КЛАРА: Простите, Лев Владимирович, это оказалось в работе с компьютерными моделями?

Л.В.: Не только с моделями. Можно менять механические напряжения в эксперименте: либо расслаблять, либо перенапрягать ткани зародыша, - и таким путем существенно изменять ход его развития. Сейчас уже можно говорить о новом направлении в биологии развития – *морфомеханике*. Это направление изучает роль механических сил и напряжений в развивающихся зародышах.

МАЙЯ: Что-то подобное, мне помнится, излагает в своей книге профессор Харольд...

Л.В.: Очень важный шаг в морфомеханике сделал американский биолог Алберт Харрис. Мы с ним хорошо знаем друг друга по работам и вообще стали близкими друзьями. Он трогательно преклоняется перед русской литературой и живописью, хотя его многолетние попытки выучить русский язык остались почти

безуспешными. Так вот, Алберт Харрис показал на культуре тканей, что механические напряжения, *порождаемые самими клетками*, являются необходимым и достаточным условием для формирования закономерных многоклеточных структур. Тем самым в морфомеханику вошло понятие обратных связей, благодаря чему она смогла стать частью общей теории самоорганизации. Одновременно с Харрисом и независимо от него этот же шаг сделал сотрудничавший с нами безвременно скончавшийся блестящий физик-теоретик Борис Белинцев.

МАЙЯ: Я читала очень интересную статью Белинцева и Лабаса... Грустно, что ушли из жизни два таких талантливых человека.

Л.В.: Да, эти утраты невосполнимы. Важный шаг в развитии представлений морфомеханики нам удалось сделать, уже непосредственно сотрудничая с американцами. Вместе с профессором университета штата Иллинойс Дж. Миттенталь мы предложили гипотезу «гипервосстановления» механических напряжений, которая до сих пор остается нашей основной «рабочей лошадкой».

КЛАРА: Замечательно, когда сотрудничают ученые разных стран!

Л.В.: Именно благодаря совместным усилиям ученых разных стран за последние годы морфомеханика достигла поразительных успехов. Обнаружены и описаны молекулярные генераторы и сенсоры механических напряжений. Открыт обширный класс механозависимых генов, участвующих в развитии. Оказалось даже, что меняя механические свойства субстрата, на котором культивируются стволовые клетки, можно направленно изменять пути их дифференцировки, то есть получать «по заказу» либо нервные, либо мышечные, либо костные клетки. Кроветворные клетки тоже не могут образоваться без пульсирующих напряжений, создаваемых током крови зародыша. Морфомеханика

стала важной не только в теоретическом, но и в прикладном отношении!

КЛАРА: И вы продолжаете работать в этом направлении?

Л.В.: Наша группа биофизики развития, с более чем скромными материальными и техническими возможностями, не может, конечно, угнаться за победным шествием современной морфомеханики. Но и мы стараемся сделать все, что можем. Мы построили несколько конкретных моделей морфогенезов, а совсем недавно наши молодые сотрудники – студенты и аспиранты – показали, что именно механические факторы (сжатие или растяжение ткани) определяют, будут ли эмбриональные клетки дифференцироваться в сторону нервных или мышечных.

МАЙЯ: Лев Владимирович, а что вы можете сказать в свете представлений морфомеханики о связях морфогенеза с эволюционными преобразованиями?

Л.В.: Выявление истинных, неоднозначных и сильно нелинейных связей между процессами развития и генетическими факторами – одна из наиболее актуальных проблем биологии ближайшего будущего. До недавнего времени морфогенез и эволюционные преобразования связывали только через генетику. Теперь становится все более очевидным, что между ними существуют и более прямые связи. Мой давнишний аспирант, а теперь профессор кафедры теории эволюции МГУ Владимир Георгиевич Черданцев написал об этом очень интересную книгу, которую так и назвал – «Морфогенез и эволюция». Но эта книга не для легкого чтения.

КЛАРА: Значит – не для меня...

Л.В.: Не огорчайтесь! Будем надеяться, что по мере развития научных представлений в этой области, появится и их изложение в доступной форме.

КЛАРА: Хорошо: подождем!

**В ГОСТЯХ У ЧЛЕНА-КОРРЕСПОНДЕНТА РАН
ВАНЮШИНА - летом 2009 года**



Борис Федорович Ванюшин:

Член-корреспондент РАН (с 2003 г.); родился 16 февраля 1935 г. в г. Тула; окончил МГУ в 1957 г., аспирантуру МГУ в 1960 г., доктор биологических наук, профессор; основное направление научной

деятельности: молекулярная биология; структура и модификация генома; один из основателей новой науки – эпигенетики.

Комментируя тему **«Как клетка становится взрослым существом?»**, Л.В. Белоусов упоминал о важной роли процессов метилирования и деметилирования ДНК для дифференцировки клеток. Ведущий специалист в этой области Борис Федорович Ванюшин ознакомился с нашей пьесой из архива радиосериала «Семинар нерешенных проблем» и дал интервью участникам Семинара профессора Чука – журналистке **Кларе** и биологу **Майе**.

МАЙЯ: Борис Федорович, журнал «Химия и жизнь» опубликовал во втором номере за 2004 год вашу статью «Материализация эпигенетики, или небольшие изменения с большими последствиями». В предисловии к статье вы пишете, что открытие двойной спирали ДНК было одним из самых грандиозных событий в естествознании XX века...

Б.Ф.: Да, Уотсон и Крик предложили миру объяснение, как происходит передача наследственных свойств, используя в этом объяснении принцип матриц, который ранее предложил выдающийся русский генетик Николай Константинович Кольцов. Очень важно, что открытие двойной спирали произошло благодаря объединению усилий и знаний биологов, физиков, химиков и математиков. Возможно, в этом самый главный урок, который преподала нам двойная спираль – знания лучше объединять, а не делить. Посмотрите, как много новых областей знания порождены этим открытием: геносистематика, геномика, протеомика, биоинженерия, биоинформатика, эпигенетика...

КЛАРА: Борис Федорович, а что такое - эпигенетика?

Б.Ф.: А что такое генетика, вы хорошо знаете?

КЛАРА: Ну к генетике - все уже давно привыкли!

МАЙЯ: Даже употребляют для красного словца и к месту и не к месту: «Ну, это у него генетика такая!»

КЛАРА: Я слышала по радио «Маяк» передачу с участием Бориса Федоровича. Журналисты говорили, что специалисты Массачусетского технологического института называют эпигенетику в числе 10 новых технологий, которые в ближайшем будущем перевернут мир... Борис Федорович отвечал на вопрос одного из радиослушателей, зависит ли эпигенетика организма от употребления алкоголя... Оказывается, - зависит! Но что это за наука – я так и не поняла...

Б.Ф.: Достижения молекулярной биологии приносят все больше вопросов. В частности, мы очень мало знаем о том, как работают гены, почему один и тот же ген молчит в одной клетке организма и активен в другой. Каковы молекулярные механизмы так называемой клеточной дифференцировки? Как заставить работать полезные гены или принудить замолчать те, которые в данной клетке вредны? Во многих случаях именно потому, что мы не знаем ответов на эти вопросы, новые гены, всаживаемые в клетку, неэффективны либо сильно искажают ее природу. Ответы на все эти вопросы ищет *эпигенетика* – новая наука, которая изучает не то, как устроены гены, а то – как они работают в клетке. По образному выражению Питера Медавара «генетика полагает, а эпигенетика располагает».

МАЙЯ: Нобелевского лауреата - Медавара?

Б.Ф.: Да. Эти слова принадлежат именно британскому ученому Питеру Медавара, получившему еще в 1960 году Нобелевскую премию за открытие явления приобретенной иммунологической толерантности. Это на самом деле так и есть. Гены могут быть очень хороши и правильны, но иногда это «очень хорошесть» и «правильность» может и не реализоваться...

МАЙЯ: И понятно, почему это бывает?

Б.Ф.: Теперь мы понимаем, что у организмов существуют мощные регуляторные элементы (в геноме и на уровне клетки), которые контролируют работу генов. Эти сигналы накладываются на генетику и часто по-своему решают, «быть или не быть». Долгое время эпигенетику не признавали, стыдливо или даже намеренно умалчивали о ней.

КЛАРА: Из вредности?

Б.Ф.: Да нет, скорее потому что, как правило, природа эпигенетических сигналов и пути их реализации в организме казались очень расплывчатыми. Сегодня стало ясно, что одним из реально действующих эпигенетических сигналов является ферментативное метилирование ДНК.

МАЙЯ: Это как раз та проблема, которой вы успешно занимались последние десятилетия?

Б.Ф.: Да. Но путь к расшифровке природы этой модификации ДНК, ее специфичности и к пониманию ее биологической роли был очень не прост, и мы рады осознать, что на этом трудном пути заметны и наши вехи.

КЛАРА: А можно как-то простыми словами объяснить, что это за модификация такая?

Б.Ф.: Метильную группу, – она очень маленькая, - наносят на ДНК специальные ферменты. Генетический код при этом не меняется, но геном как бы приобретает окраску. В зависимости от того, в каком месте генома оказалась такая «краска», можно заставить тот или иной ген замолчать. Вот вам и результат: замечательный ген, не испорченный, а не работает! Геном, это, знаете ли – как новогодняя елка: все елки зеленые, колючие, смолой пахнут... А заглянешь в новогодние окна: в каждом доме свои украшения и уже ни одна елка не похожа друг на друга. То же самое происходит с геномом... Даже у гомозиготных близнецов ...

КЛАРА: Которые из половинок одной клетки получаются?

Б.Ф.: Да, у таких близнецов геномы идентичны по своим кодирующим функциям, но эпигеномы могут сильно отличаться... И тогда один из близнецов может заболеть, скажем, астмой или диабетом, а другой – нет...

КЛАРА: Это должно быть интересно медикам...

Б.Ф.: Для медиков в области эпигенетики очень много интересного. Мы исследовали, как меняется характер метилирования ДНК в ядрах клеток печени при действии гормона гидрокортизона, а также, в ядрах нейронов при обучении. Получили очень сильные изменения!

МАЙЯ: Выходит, метилирование ДНК участвует и в гормональной регуляции и в запоминании?

Б.Ф.: И не только в этих процессах! У растений метилирование ДНК сильно изменяется при прорастании семян и после заражения разными грибами и вирусами. Теперь мы понимаем, что инфекционные агенты могут тонко воздействовать на организм путем модуляции метилирования их ДНК. Конечно, это все очень интересно для медиков. На практике они уже пытаются использовать эпигенетические данные для ранней диагностики рака...

КЛАРА: Как?! И для рака тоже?

МАЙЯ: Подождите про медиков. Давайте вернемся к проблемам клеточной дифференцировки. Вы утверждаете, что с помощью эпигенетических сигналов, таких как метилирование ДНК, можно управлять работой генов?

Б.Ф.: Более того: один из механизмов, который поддерживает определенные гены в неактивном состоянии – это наследование «рисунка» метилирования ДНК в последовательных клеточных поколениях. ... Иногда это явление обозначают как эпигенетическую наследственность.

МАЙЯ: А кроме метилирования ДНК известны еще какие-то эпигенетические сигналы?

Б.Ф.: Известно, что их очень много, в том числе и таких, о которых мы ничего не знаем. Причем, все они взаимосвязаны: если ослабла активность одного, она может быть компенсирована усилением активности другого... Возможно, когда мы больше узнаем о всех эпигенетических сигналах и их связях друг с другом, мы, наконец, научимся реально и «по заказу» управлять клеточной дифференцировкой.

КЛАРА: Вы думаете, что когда-нибудь ученые смогут управлять клеточной дифференцировкой? А зачем?!

МАЙЯ: Как – зачем? Можно будет направленно получать из недифференцированных клеток нужные ткани для трансплантации: почечные, печеночные. И лечить людей! Борис Федорович, а какую роль играют эпигенетические сигналы в возрастных изменениях организма?

Б.Ф.: Метилирование ДНК меняется и при старении, и при гормональной индукции, и при раковом перерождении клеток и тканей, причем в разных тканях по-разному. Но общей картиной является уменьшение степени метилирования генома с возрастом.

МАЙЯ: Это показали лабораторные исследования? На животных?

Б.Ф.: Мы исследовали рыб, мышей, крыс, крупный рогатый скот. В нашей лаборатории этот эффект имел место на всех объектах. Это, по-видимому, общебиологический закон.

МАЙЯ: А смысл этого явления вам понятен?

Б.Ф.: Пока не очень. Может быть уровень метилирования генома – это особые биологические часы, - не знаю.

КЛАРА: А вы не пробовали замедлить ход этих часов?

Б.Ф.: Замедлить не пробовали. Но вот, что хорошо известно, Кларочка, это, что преждевременное старение можно вызвать недостатком метионина в пище.

МАЙЯ: Метионин – донор метильных групп, так ведь?

Б.Ф.: Да.

КЛАРА: А с чем его едят?

Б.Ф.: Предшественники метионина, из которых он строится, это витамин В-12 и фолиевая кислота.

КЛАРА: Опять витамины?!

Б.Ф.: Особенно ощутим в современной городской жизни недостаток фолиевой кислоты. Само ее название говорит о растительном происхождении. Впервые ее нашли в листьях салата.

КЛАРА: Салат я люблю. А какой лучше?

Б.Ф.: Салата вам бы пришлось съесть по несколько килограммов в день...

КЛАРА: И что же делать?!

МАЙЯ: Покупать витамины в аптеке! Не возвращаться ведь к жизни в джунглях на деревьях?

КЛАРА: Борис Федорович, я правильно поняла, что можно постараться и самому увеличить в своих клетках метилирование ДНК?

Б.Ф.: Можно, но вряд ли нужно очень стараться именно увеличивать метилирование. ДНК должна быть метилирована ни сильно, ни слабо: она должна быть метилирована нормально. Во всяком случае, американские исследователи показали, что у крыс развивается рак печени, если им не давать с пищей метионин – источник метильных групп. Но рак развивается и в том случае, если лабораторным мышам ввести ген человеческого фермента, который вызовет у мышей сверхметилирование генома.

КЛАРА: Кошмар...

Б.Ф.: Да, к метилированию ДНК нужно относиться с уважением и осторожностью. К счастью, клетки могут регулировать этот эпигенетический сигнал.

КЛАРА: Правда?! Здорово! Борис Федорович! А вот я еще помню в ваших ответах радиослушателям «Маяка» было что-то интересное о связи истинной веры с эпигенетикой?

МАЙЯ: Кларочка, это совсем в сторону от темы!

Б.Ф.: Нет, не совсем. Здесь есть вполне серьезный научный момент, вот какого рода. Истинно верующий человек во время молитвы испытывает, безусловно, стресс. Стресс – состояние, связанное со значительными изменениями образования и активности гормонов. А наши исследования показывают, что гормоны контролируют метилирование генома. Может быть, вообще (правда, пока это гипотеза) один их кардинальных механизмов действия гормонов – это именно регуляция метилирования ДНК.

МАЙЯ: Борис Федорович, расскажите немного о логике развития научных представлений в области эпигенетики.

Б.Ф.: Как это часто бывает, сначала видели, но не понимали, потом – отрицали, потом – признали. Еще Уотсон и Крик, размышляя над моделью двуцепочечной нити ДНК, сетовали по поводу того, что непонятно, есть ли какой-то смысл в том, что иногда остаток цитозина в ДНК замещен его метилированным производным – 5-метилцитозином.

МАЙЯ: То есть его уже тогда видели?

Б.Ф.: Да, но не смогли придать этому никакого смысла. Тем более что всех сбивало с толку то, что у дрозофилы, которая в прошлом веке была самым популярным объектом у генетиков и молекулярных биологов, в геноме это метилированное основание вообще не находили. Поэтому такой авторитет, как Нобелевский лауреат Вальтер Гилберт, заявлял, что метилирование ДНК не играет никакой функциональной роли. Но появилась более совершенная экспериментальная техника и в ДНК дрозофилы тоже нашли метилцитозин! Сейчас уже общепризнано, что без такой модификации генома, как метилирование, вообще невозможна жизнь ни растений, ни животных.

МАЙЯ: И у растений это явление обнаружено?

Б.Ф.: Да! И что интересно, если у животных есть всего 4 гена, которые кодируют ферменты ДНК-метил-трансферазы, то у

растений генов таких ферментов – больше дюжины. Мутации по этим генам очень опасны: у животных они или летальны или ведут к апоптозу.

МАЙЯ: Вы говорите о ферментах, которые переносят метильные группы с одних молекул на другие? А почему их так много у растений?

Б.Ф.: Животные могут убегать от стрессовых ситуаций, а растения – нет...

МАЙЯ: Понятно. Очень интересно. Борис Федорович, расскажите, пожалуйста, немного подробнее о возможности наследования эпигенетических особенностей.

Б.Ф.: Характер метилирования ДНК наследуется! И это доказано уже многими опытами. Например, установлено, что обработка растений ингибитором метилирования ДНК -5-азацидином – приводит к наследуемому в нескольких поколениях сильному (иногда более чем на 30%) увеличению содержания белка в зерне. Такое и не снилось генетикам и селекционерам. Обычно гены запасных белков сильно зарепрессированы: для прорастания и начального развития растения вполне достаточно того количества запасного белка, который синтезируется при работе генов «вполсилы». Под действием 5-азациитидина ДНК деметилируется, и эти гены начинают работать гораздо интенсивнее. Растению в принципе это не нужно, зато нам – большая выгода.

МАЙЯ: Ну, конечно: мы ценим зерно именно за белок...

Б.Ф.: Крахмал мы и из картошки получим!

КЛАРА: Борис Федорович, расскажите, пожалуйста, какие из нерешенных проблем вашей науки особенно интересуют ученых?

Б.Ф.: Очень многие. Например, интересно стремление клетки всегда вернуться к исходному, правильному «портрету» модификации ее генома. Мы знаем, что у клетки есть особые тонкие механизмы для поправки случайных искажений в метилировании ДНК, но очень мало знаем об этих премудростях

живого. Не менее интересен поиск новых эпигенетических сигналов.

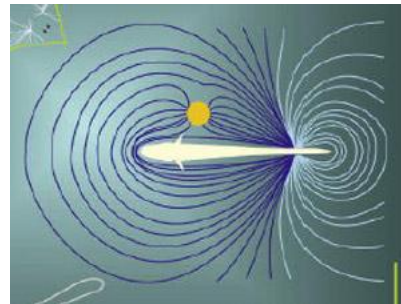
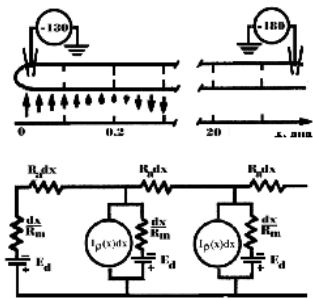
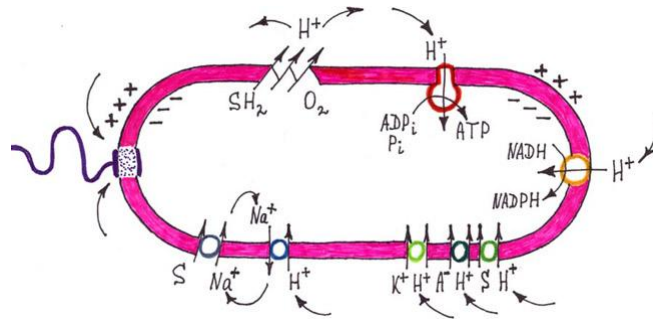
МАЙЯ: В юбилейном для ДНК 2003 году цикл ваших работ был отмечен в МГУ первой премией имени М.В. Ломоносова...

Б.Ф.: 50 лет прошло с той поры, как Уотсон и Крик предложили миру структуру ДНК в виде двойной спирали...И вот, наконец, признана важнейшая роль метилирования ДНК в жизни организмов. Приятно сознавать, что наши работы в значительной мере этому способствовали... И все же я уверен, что в клетке имеются и другие системы эпигенетических сигналов, их много и они разнообразны. Мы на пороге расшифровки любопытнейших тайн природы. Нет сомнений, что нынешним школьникам найдется немало увлекательной работы в области эпигенетики.

ЖИВОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

В ГОСТЯХ У ПРОФЕССОРА ЧУКА –
в июне 1981 года

Заседание 36-е:
«Живое электричество»



ВЕДУЩИЙ: В эфире научно-популярная программа для школьников – Семинар нерешенных проблем!

(Песня)

(На фоне затихающей песни предсеминарский шумок, шуршание бумаг, переговоры)

ЧУК: Здравствуйте, товарищи! Все в сборе? Прекрасно, начинаем очередное заседание семинара нерешенных проблем. На сегодня у нас намечен доклад Майи о живом электричестве. Вы готовы, Майя? Прошу вас.

МАЙЯ: Мы просили и ребят подготовиться к беседе о живом электричестве... Я выбрала из нашей почты письма на эту тему. Хочу с них и начать. Большинство заочных участников нашего семинара интересуют электрические рыбы...

КЛАРА: Ой, Степан Степаныч, Варфоломей! Посмотрите, какие рисунки прислал Рома Морозов из Цимлянска. Вот – электрические скаты, электрический сом... и угорь электрический...

МАЙЯ: Саша Швед из Амурской области прислал подробное письмо, Ира Тихонова - из Архангельской...

КЛАРА: А в письме Вовы Сложеникина из Тамбовской области – целая страница вопросов. Вы только взгляните... Какие моторчики поддерживают в телах

электричество? Какие работы ведутся в этой области сейчас? Почему на разные клетки электричество действует по-разному?

ЧУК: Молодцы, ребята, сразу видно, что готовились к семинару, читали. Хочу посоветовать им еще одну книгу: «Электричество в жизни рыб» - она вышла в 1977 году в издательстве «Наука». Авторы – Лаздин и Протасов...

ВАРФ.: Повторите, пожалуйста! Может, ребята достанут эту книгу в библиотеке.

ЧУК: Авторы – Лаздин и Протасов «Электричество в жизни рыб»... Вот (*листает книгу*), смотрите оглавление...

СТ.СТ.: Можно мне? ... О! ...электрогенераторы у рыб... электрические разряды...

ВАРФ.: Так, ... так ... использование рыбами электрических полей! ... Электрическая информация! Действительно, занятно!

ЧУК: Друзья! Предоставим все-таки слово Майе...

МАЙЯ: Подробно рассказать об электрических рыбах, я, к сожалению, не могу. Тут целого заседания не хватит, и нерешенных проблем более, чем достаточно. До сих пор, например, не понятно, как появились в ходе эволюции электрические органы у рыб. Вы ведь знаете, что у них специальные органы генерируют электричество? Причем, иногда они составляют четвертую часть от веса всего тела... Спрашивается, почему такие органы есть только у рыб? И отсутствуют у других водных обитателей? Более того: даже близкие, родственные виды рыб бывают и электрическими и нет – скажем, угри, сомы... Почему? Опять-таки непонятно...

И зачем такие сильные генераторы рыбам? По словам английского ученого Тинбергена, мощности разряда угря достаточно, чтобы зажечь полдюжины стоваттных лампочек!

КЛАРА: Так они же охотятся с помощью электричества! Вот: Ира Тихонова из Архангельской области пишет!

ЧУК: Есть и другая гипотеза, Клара! Некоторые исследователи предполагают, что электрическая деятельность облегчает рыбам дыхание... Электрический угорь обитает в болотах и мутных реках Южной Америки, в таких водоемах понижено содержание кислорода... А при электрических разрядах происходит электролиз воды и выделяется кислород.

ВАРФ.: Не рыба – а настоящая лаборатория!

МАЙЯ: Кстати, выделяющийся кислород может привлекать и мелких рыб, лягушек и других животных, которыми питается угорь...

КЛАРА: Но все-таки убивает он их своим электричеством или нет?

МАЙЯ: Разряда сильно электрических рыб достаточно, чтобы убить мелкое животное и напугать крупное...

КЛАРА: А человека?

МАЙЯ: И для человека они довольно чувствительны: может быть серьезная контузия... Но опять-таки загадка, товарищи, почему сама рыба при таком разряде нисколько не страдает?

ВАРФ.: Майечка, а что имеют в виду, когда говорят об электрической информации?

МАЙЯ: Это немного другая сторона проблемы, Варфоломей... Рыб, способных генерировать сильные электрические разряды... около трехсот видов. Всего же рыб – около 20 тысяч видов. И большинство из них тоже способны время от времени давать слабые электрические разряды... Скажем, ставрида, кефаль – летом совсем не генерируют разряды, зимой – пожалуйста! А как они это делают? И почему именно зимой?... Непонятно... Ведь электрических органов у этих рыб нет...

СТ.СТ.: Может быть, это случайное явление? Связанное с работой мышц или нервов? Ведь при работе мышц и нервов образуется электричество – это все знают...

МАЙЯ: Вряд ли - случайное, Степан Степаныч. У большинства рыб обнаружены электрорецепторы – специальные датчики электричества, которыми рыбы могут измерять силу тока и направленность поля...

СТ.СТ.: Так может, рыбы используют электричество для локации? Как летучие мыши. Те издают ультразвук, он отражается от окружающих предметов, и мышь по времени возвращения отраженного сигнала узнает расстояние до предмета...

КЛАРА: Ну, конечно! А рыба посылает электрический сигнал и ...

ВАРФ.: Ерунда! Электричество распространяется со скоростью света, а это, Кларочка, триста тысяч километров в секунду...

КЛАРА: Ну и что?

ВАРФ.: Посчитай, за какое время вернется электрический сигнал, отразившись от недалекого

предмета, - получишь миллионные доли секунды! Никакие электрорецепторы не смогут зарегистрировать столь малый промежуток времени... Правильно я говорю, Майя?

МАЙЯ: Не смогут... но, кажется, рыбы все же используют электричество для локации... и даже такие рыбы, которые генерируют лишь слабые разряды... Они очень своеобразно плавают: не меняя положение туловища... При этом электрическое поле, которое окружает рыбу, остается постоянным и меняется только, если в это поле попадает посторонний объект, - такое изменение поля рыба сразу почувствует... Тут и расчеты соответствующие проводились и специальные опыты в аквариумах ставились...

ЧУК: Интересно, Майя, а рыбы не обмениваются друг с другом электрическими сигналами?

ВАРФ.: Вроде азбуки Морзе?

ЧУК: Ну, что-то в этом роде...

МАЙЯ: Просто боюсь сказать что-то определенное, профессор: эта область тоже полна загадок... С одной стороны, обнаружены электрические сигналы, с помощью которых рыбы узнают друг друга: скажем, свой или чужой приближается, агрессивно настроен или мирно... Меняется сила разряда, частота импульсов, продолжительность разряда, - в принципе, таким способом можно закодировать уйму информации... Но работы в этой области еще, как говорится, непочатый край... Язык электрических рыб еще далеко не расшифрован...

(Обсуждение)

СТ.СТ.: Казалось бы: явление так давно известно, а до сих пор – загадки. Между прочим, еще в древности врачи лечили головные боли с помощью электрических рыб... *(легкое оживление)*

ЧУК: Вы это серьезно говорите, Степан Степаныч?

СТ.СТ.: Абсолютно: римский врач Скрибониус Ларгус привязывал к голове больного электрическую рыбу...

ВАРФ.: Больной, небось, от одного страху тут же выздоравливал...

СТ.СТ.: Трудно сказать, от чего именно выздоравливал, но ... помогало ...

ЧУК: А я вот недавно прочел в журнале «Вокруг света», как один английский инженер предлагает в качестве источника тока для мотора электрических часов использовать ... лимон ...да-да! Обычный лимон: воткнуть в него два электрода и батарейка готова! Пять месяцев будто бы работали у него часы от такого источника. *(оживление)*

МАЙЯ: Ну, товарищи, раз уж речь зашла об источниках тока, самое время поговорить о том, как возникает электричество в живых организмах...

ВАРФ.: Да, как устроены живые электростанции...

СТ.СТ.: На каком топливе работают...

КЛАРА: И куда отходы девают?

ЧУК: И когда появились первые живые электростанции?

ВАРФ.: А в самом деле, когда они появились?

МАЙЯ: Думаю, что более трех миллиардов лет назад...

СТ.СТ.: Но ведь тогда и жизни еще не было на Земле...

МАЙЯ: Была, Степан Степаныч! В ископаемых породах возрастом более трех миллиардов лет находят останки

организмов, подобных современным синезеленым водорослям... А синезеленые водоросли прекрасно умеют генерировать электричество. Я это наблюдала неоднократно у себя в лаборатории, и всем желающим могу продемонстрировать, милости прошу!
ВАРФ.: И все-таки, Майечка, как-то не верится, что три миллиарда лет назад на Земле уже существовали зеленые растения.

МАЙЯ: Но ведь это не растения: это бактерии – и довольно примитивные!

ЧУК: Зеленые бактерии?

МАЙЯ: Да, бактерии, которые содержат хлорофилл и способны улавливать солнечную энергию.

ЧУК: То есть, способны к фотосинтезу?

МАЙЯ: Вот именно.

ЧУК: Я еще в детстве читал замечательную книгу Климента Аркадьевича Тимирязева «Солнце, жизнь и хлорофилл!» Там чрезвычайно увлекательно описана космическая роль зеленых растений – они усваивают энергию Солнца и создают в процессе фотосинтеза питательные вещества ... и кислород ...

МАЙЯ: Но вот выяснилось, что фотосинтезом занимаются не только растения ... Половину всего кислорода, который образуется на земном шаре в результате фотосинтеза, дают микроорганизмы! ... *(легкий гур-гурчик)* ...

ЧУК: Очень интересно, но мы, Майечка, отвлеклись от нашей главной темы – живого электричества.

МАЙЯ: Совсем наоборот: приблизились вплотную к тому, чтобы понять, как образуется это самое живое электричество.

ЧУК: Ну и как же?

МАЙЯ: Энергия кванта света, захваченного хлорофиллом, тратится на работу по созданию разности электрических потенциалов на клеточной мембране.

КЛАРА: (возмущенно) Я ничего не поняла!

МАЙЯ: Объясню подробнее. Любая живая клетка, в том числе и бактериальная, отделена от внеклеточной среды полупроницаемой перегородкой – клеточной мембраной. На этой мембране и возникают электрические потенциалы.

Допустим, мембрана проницаема для ионов калия – они заряжены положительно, – но не проницаема для отрицательно заряженных ионов. Тогда с одной стороны мембраны окажется избыток положительных электрических зарядов, а с другой – отрицательных. Это называется мембранным потенциалом. По величине он примерно одинаков для разных клеток – это десятые доли вольта, – но в создании его участвуют разные ионы. У одних клеток – калиевые потенциалы, у других – хлорные или кальциевые...

ЧУК: А известно, какие именно ионы создают электрический потенциал на клеточной мембране в процессе фотосинтеза?

МАЙЯ: Да. это ионы водорода. Правда, пока еще в деталях весь процесс нельзя представить, но известно, что в результате захвата хлорофиллом кванта света

через бактериальную мембрану проходит наружу положительно заряженный ион водорода – протон. Таким образом, внутренняя часть клетки оказывается заряженной отрицательно. ... (обсуждение) ...

КЛАРА: Ну и что?

ВАРФ.: Чудачка! Клетка сумела солнечную энергию прямо в электрическую превратить, а ты – «ну и что»?

КЛАРА: Я просто не понимаю, что она дальше будет делать с этим электричеством? Утюг включать? Телевизор?

ВАРФ.: Ну-у... скорее уж по телефону звонить!

КЛАРА: Варфоломей, но я серьезно не понимаю ...

ВАРФ.: А я серьезно и объясняю: клетки используют электрические сигналы, чтобы общаться друг с другом!

ЧУК: Простите, Варфоломей, но электрическими сигналами, кажется, обмениваются нервные клетки, а мы пока говорим о бактериях, им еще далеко до образования нервной системы...

МАЙЯ: Нервной системы у бактерий, конечно, нет, в этом вы абсолютно правы, профессор. Однако электрическая связь, как удалось установить, существует не только между нервными клетками, но и между клетками любых органов: печени, почек, желудка, сердца...

СТ.СТ.: Опять-таки. Майя, вы называете органы сложно организованных существ, которые далеко ушли по пути эволюции от таких примитивных организмов, как бактерии...

МАЙЯ: У бактерий, Степан Степаныч, тоже обнаружена электрическая связь! По цепочке клеток синезеленых

водорослей электричество передается как по телеграфному кабелю!

СТ.СТ.: Это гипотеза, Майя? Или прямо в опыте удастся измерить электричество, которое передает одна клетка другой?

МАЙЯ: Нет, не гипотеза... Удастся измерить

ВАРФ.: Ну, Степан Степаныч, для современной техники – это не проблема! Мембранный потенциал живой клетки около одной десятой вольта. А современные приборы и более слабые величины могут зарегистрировать...

СТ.СТ.: Может быть, может быть. Но вот вы сказали – одна десятая вольта ... А как же у электрических рыб получается напряжение при разряде в сотни вольт...

ВАРФ.: Ну, там, наверное, просто множество клеток объединяется! Майя ведь говорила, что вес электрического органа иногда составляет четвертую часть от веса тела...Представляете, сколько в нем клеток?! И вот они соединены последовательно – получается большое напряжение, правда, ток будет слабый, но если клетки соединены параллельно – получится ток сильный, - все по законам физики!

МАЙЯ: Варфоломей прав. В общем, товарищи, самое главное – биологи и физики сейчас твердо установили, что в основе любых электрических явлений в живой природе лежит разделение зарядов на полупроницаемых клеточных мембранах.

ВАРФ.: Но ведь не все клетки, Майя, способны поглощать свет. Как же у них происходит разделение зарядов?

МАЙЯ: В конечно счете источник энергии все равно Солнце, только цепь молекулярных событий от момента поглощения кванта света хлорофиллом становится длиннее. Продукты фотосинтеза, в которых аккумулировалась энергия Солнца, попадают в клетки, не способные к фотосинтезу, - например, в клетки нашего тела.

КЛАРА: А как попадают?

ВАРФ.: Ну, съела ты редиску – вот и зарядилась порцией солнечной энергии!

МАЙЯ: Вот именно... А обмен веществ в конце концов приводит к тому, что эта энергия тратится на работу по разделению электрических зарядов. Причем очень важно, что в итоге снова образуются углекислый газ и вода, то есть – сырье для новых реакций фотосинтеза... В этом смысле производство электроэнергии в живых системах – идеальное безотходное производство!

КЛАРА: А для наших технических электростанций нельзя перенять опыт у природы?

МАЙЯ: Пока еще, к сожалению, нельзя... Всю работу по разделению электрических зарядов на клеточных мембранах выполняют сложные ансамбли молекул... И построить подобные приборы мы пока не в состоянии. Не все еще известно о том, как отдельные молекулы взаимодействуют друг с другом и какие технические узлы могли бы выполнить подобную работу... В общем, пока мы можем только восхищаться совершенством природных электростанций. И гордиться успехами науки, раскрывшей тайны их устройства и работы. Все представления о возникновении мембранных

потенциалов, их роли в различных электрических явлениях – все это достижения науки двадцатого века! Двести лет назад лучшие умы человечества даже вообразить себе не могли, как рождается живое электричество... Помните историю знаменитого спора Гальвани и Вольты?

...(неловкое гудение)...

КЛАРА: Я не очень хорошо помню, в чем там дело было... Кажется, Гальвани случайно что-то открыл, а Вольт объяснил его открытие?

ВАРФ: Да нет! Гальвани ошибся: думал, что открыл живое электричество, а в действительности впервые получил гальванический элемент...

МАЙЯ: Пожалуй, я расскажу эту историю подробнее: она весьма поучительна. Дело было в конце восемнадцатого века... Электричество уже открыто. Франклин изготовил первый громоотвод. Кавендиш доказал, что разряды электрических рыб имеют ту же природу, что и атмосферное электричество, и, так называемое, искусственное электричество, которое получают в лабораториях с помощью электрических машин и накапливают в лейденских банках – самых первых конденсаторах электричества... И, конечно, как обычно бывает со всяким вновь открытым явлением природы, врачи тут же ищут применение новой силе... бурно развивается электромедицина. Итальянский врач Гальвани тоже проводит опыты с электричеством: объект его опытов – лягушка... Ученый наблюдает удивительные вещи! Ну то, что лягушачья мышца сокращается при нанесении ей электрического удара, уже было

известно... Энтузиасты даже мечтали лечить электрическими ударами параличи и воскрешать умерших... Но Гальвани, аккуратный и внимательный экспериментатор, замечает другое: мышца лягушки сокращается во время разряда электрической машины, даже на расстоянии! Необходимо лишь, чтобы эта лягушка замыкала цепь, составленную из проводников электричества... А проводниками могут служить: серебро, медь, железо, - все, что окажется под рукой...

Гальвани не очень хорошо представлял себе истинную природу этого явления, но его осенила неожиданная идея: если электричество, передаваясь по нервам и мышцам, вызывает сокращение мышц, то не управляет ли вообще мозг всеми органами с помощью электричества? Природа нервного возбуждения во времена Гальвани была окружена непроницаемой завесой тайны... Что представляет из себя нервный флюид, было совершенно непонятно. Идея об электрической природе нервной деятельности давала надежду объяснить работу мозга с помощью реальных физических причин. Гальвани продолжает опыты с утроенной энергией. Лягушачий препарат – нерв с мышцей – подвешивают на нити на перилах садовой террасы, другой конец с помощью медной проволоки заземляют ... И ждут грозы ...

КЛАРА: Как интересно!

МАЙЯ: При грозовых разрядах мышца действительно сокращается, причем реагирует на вспышку молнии мгновенно, еще до того, как слышится удар грома...

Исследователи в восторге! Но что такое?! Нет никакой грозы, в атмосфере все спокойно, а препарат, раскачиваясь на нити, случайно касается одним концом железных перил, в то время, как другой конец соединен с помощью медной проволоки с землей, и мышца сокращается!

ВАРФ.: Какие перила, ты сказала, Майя, - железные?

МАЙЯ: Железные.

ВАРФ.: А проволока, соединяющая препарат с землей, - медная?

МАЙЯ: Медная.

ВАРФ.: Ничего удивительного: нервно-мышечный препарат сыграл роль жидкого проводника между железом и медью. Между разнородными металлами, опущенными в солевой раствор, всегда возникает разность электрических потенциалов. Пошел ток, - вот мышца и сократилась...

МАЙЯ: Да. но в конце восемнадцатого века. Варфоломей, никто и понятия не имел о возникновении потенциалов между разными металлами! Фактически Гальвани впервые наблюдал это явление...

ЧУК: Которое, кстати, и назвали впоследствии гальванизмом, - именно в его честь. Но, кажется, сам Гальвани не понял, что именно он обнаружил?

МАЙЯ: Да. Он ошибался, объясняя результаты опыта тем, что в нервах и мышцах есть свое, животное, как он его назвал, электричество.

СТ.СТ.: Ничего не понимаю... Но ведь в нервах и мышцах, действительно, есть электричество?! Почему же вы говорите, что Гальвани ошибался?

МАЙЯ: Потому что в опыте, о котором я только что рассказала, сокращение мышцы вызвала разность потенциалов между двумя разнородными металлами. И доказал это через несколько лет после работ Гальвани блестящий итальянский физик Вольта. Опыт за опытом убеждают его в том, что главное условие возникновения электричества – наличие в цепи разнородных металлов... В конце концов Вольта совсем убирает нервно-мышечный препарат, заменяет его жидким проводником и убеждается, что электричество в цепи появляется и без живого объекта...

ВАРФ.: Так и должно быть...

МАЙЯ: Да. Но трагедия состояла в том, что Вольта стал категорическим противником живого электричества вообще! Гальвани вскоре после своего открытия умер. А Вольта в 1800 году создал первый электрохимический источник тока – знаменитый вольтов столб, но после этого уже ничего значительного не внес ни в физику, ни в физиологию. И умер, тоже, по-видимому, не узнав, кто же прав в этом споре и где истина...

ЧУК: А правы оказались оба.

КЛАРА: Не надо было им спорить!

СТ.СТ.: Без споров, Кларочка, и наука не могла бы развиваться...

МАЙЯ: Нет, главное, конечно, не споры... Споры придают известный азарт работе, поднимают эмоциональный настрой... Но главное в том, чтобы каждый ученый, отстаивая свою точку зрения, пусть и не совсем верную, стремился подкреплять ее убедительными научными данными... Именно

благодаря этому, Вольта создал новые точные измерительные приборы... а затем и вообще принципиально новый источник электричества... Ну что бы мы сейчас делали без гальванических элементов?!

КЛАРА: Создал Вольта, а назвали - гальваническими?

ВАРФ.: Потому что наблюдал впервые это явление – Гальвани и Вольта признавал его приоритет в этом вопросе!

МАЙЯ: Но давайте, товарищи, вернемся к живому электричеству. Все-таки идея Гальвани оказалась верной. В середине XIX века с помощью новых очень чувствительных приборов физиологи зарегистрировали настоящее живое электричество. А в XX веке появились микроэлектроды: очень тонкие стеклянные иголки, которые прокалывают клеточную мембрану, не повредив ее, - и тогда измерили разность потенциалов между внутренней и наружной сторонами мембраны одиночной клетки... Вот, собственно все, что я хотела вам сегодня рассказать. Разрешите только еще раз подчеркнуть, товарищи, что собственное электричество генерируют – любые живые клетки – а не только нервные и мышечные. Словом, без электричества немислима сама жизнь!

ЧУК: Ну что ж. друзья, думаю, что мы сегодня рассмотрели уже довольно много гипотез, и, наверное, пора приостановить обсуждение... Хотя осталось немало интересных вопросов, и теоретических, и практических...

СТ.СТ.: Практических вопросов? Каких именно?

ЧУК: Ну, например, врачам необходимо знать, как возникает живое электричество, какие существуют электрические связи внутри сложного организма. При диагностике сердечных заболеваний важна электрическая запись активности сердца – электрокардиограмма... При диагностике мозговых нарушений – электрическая запись работы мозга – электроэнцефалограмма...

КЛАРА: А я еще читала, что с помощью электрических сигналов отпугивают рыб от плотин...

ВАРФ.: Есть промышленные установки для лова рыбы!

МАЙЯ: К сожалению, пока еще несовершенные...

СТ.СТ.: Ну, а какие еще проблемы не решены? В области живого электричества?

ЧУК: Проблем, Степан Степанович, - хоть отбавляй! До сих пор, например, биологи, физики и математики не могут прийти к согласию: возможно ли в принципе смоделировать работу мозга с помощью чисто электрического устройства или нет? Конечно, современные электронно-вычислительные машины решают многие задачи не хуже нашего мозга...

ВАРФ.: И даже лучше: быстрее во всяком случае...

ЧУК: Иногда. Но в общем, ЭВМ пока не любую работу мозга может выполнять...

ВАРФ.: Это только пока...

ЧУК: Не знаю, Варфоломей, быть может, это и в принципе не возможно?

МАЙЯ: В работе мозга огромную роль играют гормоны: вещества, которые омывают снаружи нервные клетки и регулируют их работу...

ЧУК: Вот видите! Впрочем, не будем сейчас спорить на эту тему. Следующее заседание – 20 июля – целиком посвятим письмам ребят. Ответим на вопросы. До свидания. До новых встреч в эфире.

ВЕК XXI

Прошло почти 30 лет после того, как в эфире прозвучала радиопьеса для школьников «Живое электричество». Участники Семинара Нерешенных Проблем говорили о многих проблемах, связанных с происхождением электрических явлений в живых организмах и о том, как используется электричество в живой природе. Как устроены живые электростанции? На каком топливе они работают и куда отходы девают? Когда появились первые живые электростанции? Оказывается – появились они не менее трех миллиардов лет назад. Первыми потребителями электроэнергии были бактерии. Но и все прочие организмы от самых простых до самых сложных не обходятся без электричества. Особенно поражают воображение – электрические рыбы! В начале XXI века многое в нашей жизни изменилось так, что это даже и не предполагалось участниками Семинара Нерешенных Проблем – друзьями профессора Чука. Например, школьникам стали доступны благодаря сети Интернет огромные массивы информации. И надо сказать, что электрические рыбы занимают там огромное информационное пространство!

Как не запутаться в массе сведений и мнений? Как отделить важную информацию от второстепенной? Конечно – с помощью специалистов! Журналистка **Клара** и биолог **Майя** взяли несколько интервью у известных ученых, чьи работы связаны с исследованием электрических явлений в живых системах.

В ГОСТЯХ У АКАДЕМИКА СКУЛАЧЕВА – летом 2009 года



Владимир Петрович Скулачев:

Родился 21 февраля 1935 года в Москве в семье архитекторов. В 1952 г. окончил школу № 365 г. Москвы, в 1957 г. - биолого-почвенный факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, а в 1960 г. - аспирантуру этого же факультета. В 1965 году занял должность заведующего отделом биоэнергетики в новом подразделении МГУ — Межфакультетской проблемной научно-исследовательской лаборатории молекулярной биологии и биоорганической химии (1965-1973). После смерти академика А. Н. Белозерского в 1973 г. был назначен директором этой лаборатории (сохранив заведование отделом биоэнергетики). В 1991 г. лаборатория была преобразована в Научно-исследовательский институт физико-химической биологии имени

А. Н. Белозерского. С 1991 г. по настоящее время В. П. Скулачев - директор НИИ ФХБ имени А. Н. Белозерского МГУ, а с 2002 г. - одновременно декан нового факультета биоинженерии и биоинформатики МГУ. В. П. Скулачев – почетный президент Всероссийского общества биохимиков и молекулярных биологов, академик РАН (1992), член Европейской Академии (1991), член исполкома Европейской Академии (1992-1998), президент клуба российских членов Европейской Академии, с 1980 года - член руководства международной биоэнергетической организации.

МАЙЯ: Владимир Петрович! В XX веке ученые уже убедились, что клетки умеют превращать солнечную энергию прямо в электрическую, узнали много интересного и полезного о том, как клетки используют электрические сигналы для общения друг с другом! Электрические сигналы используют в своей работе нервные клетки. Но электрическая связь, как удалось установить, существует и между клетками любых органов: печени, почек, желудка, сердца...

В.П.: И даже у бактерий тоже обнаружили электрическую связь! По цепочке клеток цианобактерий электричество передается как по кабелю!

МАЙЯ: Это явление сначала предсказали ваши сотрудники, а потом прямо в опыте измерили электричество, которое передает одна клетка другой?

В.П.: Совершенно верно. Сначала такие опыты поставили на цианобактериях, а затем удалось обнаружить электрические кабельные свойства у самих митохондрий.

КЛАРА: Мы спорили на том давнем семинаре, как скоро люди смогут перенять у живой природы опыт безотходного производства электроэнергии. Что можно сказать об этом сейчас?

В.П.: Вся работу по разделению электрических зарядов на клеточных мембранах выполняют сложные ансамбли молекул... К сожалению, построить подобные приборы мы пока не в состоянии. Не все еще известно о том, как отдельные молекулы взаимодействуют друг с другом и какие технические узлы могли бы выполнить подобную работу... В общем, пока мы можем только восхищаться совершенством природных электростанций. И гордиться успехами науки, раскрывшей тайны их устройства и работы. Все представления о возникновении мембранных потенциалов, их роли в различных электрических явлениях – все это достижения науки двадцатого века! И самое важное из этих достижений, на мой взгляд, это представления о неразрывной связи в живой клетке электрических явлений с энергетикой.

МАЙЯ: Да, наука XXI века унаследовала от века минувшего четкие представления о том, что ключевые процессы, определяющие разницу между живой и неживой природой, происходят на клеточном уровне. В том числе и в вопросе, как зарождение электричества в живой клетке связано с энергетикой.

В.П.: Решающую роль в трансформации и переносе энергии внутри живой клетки играет движение электронов. Но энергия никоим образом не зарождается внутри самих клеток: она поступает извне. Специальные молекулярные механизмы лишь замедляют ее движение в десятки тысяч раз, позволяя другим молекулам частично использовать эту энергию при выполнении полезной для клетки работы. Нерастраченная энергия уходит во внешнюю среду в виде тепла.

КЛАРА: Владимир Петрович, а можно объяснить простыми словами, как работают эти специальные молекулярные механизмы?

В.П.: Клеточные трансформаторы энергии представляют собой комплексы специальных белков, встроенных в биологические мембраны. Независимо от того, поступает в клетку извне

свободная энергия непосредственно с квантами света (в процессе фотосинтеза) или в результате окисления пищевых продуктов кислородом воздуха (в процессе дыхания), она запускает движение электронов. В итоге образуется разность электрохимических потенциалов на мембране митохондрий. За счет потенциала производятся молекулы аденозинтрифосфата (АТФ). АТФ и мембранный потенциал — два относительно стационарных источника энергии для всех видов внутриклеточной работы.

КЛАРА: Но как удастся измерять то, что происходит при действии кванта света?

В.П.: В настоящее время процесс «запасания солнечного света» растениями описан в деталях на атомно-молекулярном уровне. В нем участвуют десятки видов молекул, расположенных в строгом порядке и четко выполняющих свои функции с точностью до мельчайших долей секунды. У системы первичных процессов фотосинтеза есть одно важное свойство, которое позволило проникнуть в ее тайны чрезвычайно глубоко и с высокой точностью. Система «включается» светом и значит, ее можно тестировать как радиотехническое устройство с помощью коротких импульсов света (например, лазерных вспышек). Очень помогают современные спектральные методы: дифференциальная и импульсная спектрофотометрия в полосах поглощения отдельных молекул — участников первичных реакций; флуориметрия; методы электронного парамагнитного и ядерного магнитного резонанса. Принципиально важные данные получены при изучении препаратов фотосинтетических мембран при низких температурах, а также при использовании методов математического моделирования и компьютерной имитации.

МАЙЯ: Я читала об исследовании кинетики первичных процессов фотосинтеза при низких температурах (-196°C). Оказалось, что перемещение электрона при температуре жидкого азота происходит почти с теми же скоростями, что и при комнатной

температуре. В основе данного процесса лежит квантово-механическое явление — так называемый туннельный эффект.

В.П.: Для переноса электрона в фотосинтетической цепи характерно еще одно принципиальное свойство. Как только электрон «добирается» до молекулы акцептора, он утрачивает часть энергии, и обратное движение на этом участке становится невозможным. Потеря электронной энергии происходит в колебаниях легких атомных групп белка-акцептора. Характерное время колебаний составляет несколько пикосекунд. Смещения расстояний, которые при этом происходят у колеблющихся ядер, незначительны — меньше $0,01 \text{ \AA}$. Если в ходе таких опытов заменить в белке водород на дейтерий, который обладает большей массой, колебания замедлятся, скорость переноса электрона падает и может быть зарегистрирована экспериментально.

КЛАРА: Это все у растений? А у нас с вами?

В.П.: Наши клетки неспособны к фотосинтезу и получают энергию из пищи: это или биомасса растений, созданная в результате фотосинтеза, или биомасса других живых существ, питающихся растениями, или останки любых живых организмов. Питательные вещества (белки, жиры и углеводы) преобразуются животной клеткой в ограниченный набор низкомолекулярных соединений — органических кислот, построенных из атомов углерода, которые с помощью специальных молекулярных механизмов окисляются до углекислоты и воды. При этом освобождается энергия, она аккумулируется в форме электрохимической разности потенциалов на мембранах и используется для синтеза АТФ или напрямую для совершения определенных видов работы. История изучения проблем преобразования энергии в животной клетке, как и история фотосинтеза, насчитывает более двух веков...

МАЙЯ: Да, мы осуждали на семинаре знаменитый спор Гальвани и Вольты...

В.П.: Но сейчас мы знаем гораздо больше, чем двести лет назад, и даже, чем двадцать лет назад. У аэробных организмов окисление углеродных атомов органических кислот до углекислого газа и воды протекает с помощью кислорода и называется внутриклеточным дыханием, которое происходит в специализированных частицах – митохондриях. Трансформация энергии окисления осуществляется ферментами, расположенными в строгом порядке во внутренних мембранах митохондрий. Эти ферменты составляют так называемую дыхательную цепь и работают как генераторы, создавая разность электрохимических потенциалов на мембране, за счет которой синтезируется АТФ, подобно тому, как это происходит при фотосинтезе. В неорганической природе смесь водорода и кислорода носит название «гремучей»: достаточно небольшой искры, чтобы произошел взрыв – мгновенное образование воды с огромным выделением энергии в виде тепла. Задача, которую выполняют ферменты дыхательной цепи: произвести «взрыв» так, чтобы освобождающаяся энергия была запасена в форме, пригодной для синтеза АТФ. Что они и делают: упорядоченно переносят электроны от одного компонента к другому (в конечном счете, на кислород), постепенно понижая потенциал водорода и запасая энергию.

МАЙЯ: Механизм создания АТФ оставался загадкой долгие годы, пока не обнаружилось, что данный процесс по сути своей является электрическим.

В.П.: Совершенно верно! В обоих случаях: и для дыхательной цепи (набора белков, которые осуществляют окисление субстратов кислородом) и для аналогичного фотосинтетического каскада, — генерируется ток протонов через мембрану, в которую погружены белки. Токи обеспечивают энергией синтез АТФ, а также служат источником энергии для некоторых других видов работы. В современной биоэнергетике принято считать АТФ и протонный

ток (точнее, протонный потенциал) альтернативными и взаимно конвертируемыми энергетическими валютами. Некоторые функции оплачиваются одной валютой, другие – второй.

КЛАРА: И это все узнали уже в XXI веке?

В.П.: Нет, принципиальное решение проблемы связи энергетики с электричеством – достижение века минувшего. К середине XX века биохимики точно знали, что в бактериях и митохондриях электроны переходят от восстанавливаемых субстратов к кислороду через каскад электронных переносчиков, называемых дыхательной цепочкой. Загадка была в том, каким способом сопряжены перенос электрона и синтез АТФ. На протяжении 10 с лишним лет надежда открыть секрет вспыхивала и вновь угасала. Решающую роль сыграло не преодоление технических трудностей, а концептуальная разработка. Сопряжение оказалось в принципе не химическим, а электрическим. В 1961 г. английский ученый П. Митчелл опубликовал в журнале «*Nature*» радикальную идею для разрешения биохимической загадки века: хемиосмотическую гипотезу. Идея Митчелла была поистине революционной сменой парадигм, трансформацией концептуальной основы и поначалу вызывала бурные споры.

МАЙЯ: В 1966 г. Митчелл пишет свою первую книгу «Хемиосмотическое сопряжение в окислительном и фотосинтетическом фосфорилировании». В том же году вы вместе с Ефимом Арсентьевичем Либерманом придумали, как экспериментально подтвердить правоту Митчелла.

В.П.: С помощью синтетических ионов, проникающих через биологическую мембрану, мы показали, что дыхание и фосфорилирование, действительно, связаны через протонный потенциал. В качестве индикаторов изменений электрического поля на мембране были использованы синтетические ионы, отличающиеся по своей природе и знаку заряда, но сходные в одном: все они легко проникали через фосфолипидную пленку.

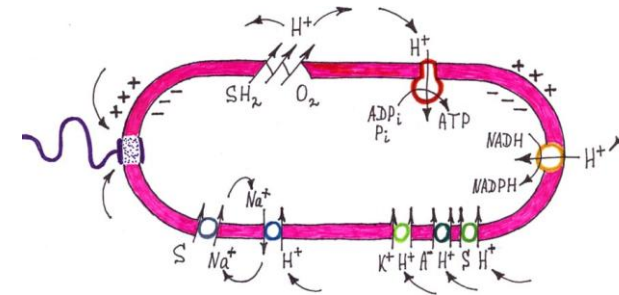
После многих попыток сложилась следующая изящная экспериментальная модель.

Каплю фосфолипидов, растворенных в органическом растворителе, подносят к небольшому отверстию в тефлоновой пластинке, и оно мгновенно закрывается плоской бимолекулярной пленкой — искусственной мембраной. Тефлоновую пластинку с искусственной мембраной погружают в сосуд с электролитом, разделяя его на два отсека со своим измерительным электродом в каждом. Остается встроить в искусственную мембрану белок, способный генерировать электричество, а в электролит добавить проникающие ионы. Тогда работа белкового генератора, изменяющего разность потенциалов на мембране, приведет к перемещению проникающих ионов через фосфолипидную пленку, что и будет зарегистрировано в виде изменения разности потенциалов между отсеками.

Еще более убедительную экспериментальную модель, которая позволила проводить прямые измерения электрического тока, генерируемого клеточными органеллами и отдельными белками, разработали и успешно использовали мои сотрудники Лель Александрович Драчев и Александр Каулен. Частицы, генерирующие электрический ток (митохондрии, хромофоры бактерий или липидные пузырьки с встроенными в них индивидуальными белками), заставляли слипаться с плоской искусственной мембраной. После этого протонный ток, созданный молекулами-генераторами в ответ на вспышку света или добавление соответствующих химических субстратов, обнаруживался напрямую измерительными электродами по обе стороны искусственной мембраны.

МАЙЯ: Еще один серьезный шаг в поддержку Митчелла сделали биофизики биофака МГУ А. Булычев, В. Андрианов, Г. Курелла и Ф. Литвин. Используя микроэлектроды, они зарегистрировали

образование трансмембранной разности электрических потенциалов при освещении крупных хлоропластов.



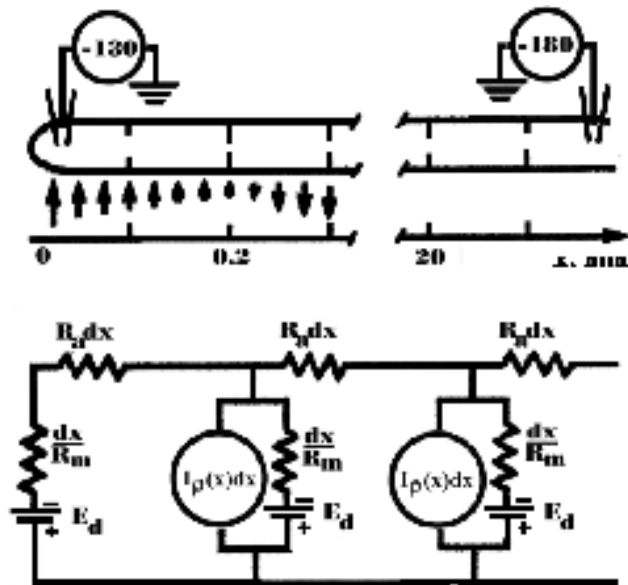
В.П.: Еще несколько лет споров и дотошных проверок в разных лабораториях по всему свету — и идеи Митчелла, наконец, были признаны. Он был принят в Королевское общество Великобритании, получил множество престижных международных наград, а в 1978 г. был удостоен Нобелевской премии, которая, вопреки традициям, на сей раз была вручена не за открытие нового явления, а за догадку о его существовании.

МАЙЯ: У электрической энергетики живой клетки есть еще одно очень важное свойство. При хемиосмотическом сопряжении энергии и работы не требуется прямого контакта между специфическим белком, создающим разность потенциалов через мембрану, и белком, совершающим какой-то вид работы: поток ионов или метаболитов обеспечит сопряжение двух векторных реакций на расстоянии при условии, что они соответствующим образом ориентированы в одной и той же мембране. Владимир Петрович, идею о возможности передачи мощности с помощью электрической связи вы ведь высказывали еще в 80-х годах?

В.П.: Да, сейчас мы знаем, что это свойство успешно используется живыми клетками, например, в митохондриальных сетях, работающих как электрические кабели. Мои сотрудники выявили

митохондриальные сети у разных типов клеток и исследовали их с помощью современных методов электронной микроскопии, прижизненных флуоресцентных зондов, лазерной микрохирургии.

МАЙЯ: Более того, оказалось, что принцип Митчелла используется группами живых клеток для сопряжения производства энергии одной клеткой с совершением работы в соседней. Необходимое условие такой кооперации – наличие между клетками каналов, пропускающих значительные потоки ионов и метаболитов без утечек во внешнюю среду.



В.П.: Да, оказалось, что соседние клетки способны объединять свои «личные» энергетические ресурсы с помощью электрических токов через специальные межклеточные контакты. Это явление было успешно исследовано с помощью математического моделирования и экспериментов объединенными усилиями специалистов НИИФХБ им. А.Н. Белозерского МГУ, ИТЭБ РАН,

ИМАШ РАН, ИБХ им. А.Н. Баха РАН и Института цитологии РАН. Это явление универсально и на клеточном уровне наблюдается от синезеленых водорослей до культивируемых клеток человека. Но нерешенных научных проблем здесь, я думаю, тоже предостаточно.

КЛАРА: И это все произошло в прошлом веке? А какие проблемы остались будущим исследователям?

В.П.: У живой клетки есть не только молекулярные генераторы и насосы, но и молекулярные «моторы». Эволюция создала несколько классов белков, способных преобразовывать химическую энергию в механическое усилие. Одни из них используют в качестве топлива гидролиз нуклеотидов, другие – непосредственно ионные градиенты. Есть шаговые белковые моторы, а есть роторные.

МАЙЯ: Последнее время проблемой преобразования химической энергии в механическую работу активно занялись компьютерные биологи. Они разработали математические модели, описывающие на формальном языке разные типы молекулярных моторов.

В.П.: Принципиальной трудностью, которую им пришлось преодолеть, оказалась невозможность использовать подходы, разработанные ранее для макроскопических моторов, поскольку на работу молекулярных моторов сильное воздействие оказывают термические флуктуации. По этой причине теоретики окрестили белковые моторы «Броуновскими машинами». Тем не менее, в 90-х годах XX столетия были разработаны алгоритмы, которые позволили создать ряд имитационных моделей, в частности, мотора бактериального жгутика, механического усилия полимеризующегося волокна, вращающегося мотора АТФ-синтазы. Главный вывод, к которому пришли исследователи: работа молекулярных моторов вряд ли основана на новых физических или химических принципах, однако, похоже, что для каждого типа белковых моторов придется создавать свое

теоретическое описание. – Вот и ответ на ваш вопрос, Клара: чем заняться будущим исследователям!

КЛАРА: Спасибо! Думаю, тех, кто думает о занятиях наукой, это заинтересует. Подумать только: двести лет назад лучшие умы человечества даже вообразить себе не могли, как рождается живое электричество... Сколько споров было!

МАЙЯ: Проблем и споров и сейчас, - хоть отбавляй! До сих пор, например, биологи, физики и математики не могут прийти к согласию: возможно ли в принципе смоделировать работу мозга с помощью чисто электрического устройства или нет? Конечно, современные электронно-вычислительные машины решают многие задачи не хуже нашего мозга...

КЛАРА: Я читала даже, что какой-то немецкий ученый соединяет вместе каким-то электрическим способом живые нейроны и электронные микрочипы, чтобы они друг с другом взаимодействовали: просто жуть берет!

В ГОСТЯХ У ЧЛЕНА-КОРРЕСПОНДЕНТА РАН ЧИЗМАДЖЕВА - летом 2009 года



Юрий Александрович Чизмаджев:

Родился 15 декабря 1931 г.; окончил МИФИ в 1956 г.; член-корреспондент РАН (1987), доктор химических наук, профессор кафедры биофизики биологического факультета МГУ, заведующий лабораторией биоэлектрохимии Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН; главные направления научной деятельности: исходно – теоретическая электрохимия, а позднее – биофизика мембран, включая их равновесные электрические свойства, термодинамику, механику, а также пассивный и активный мембранный транспорт; лауреат Государственной премии СССР (1986); женат, имеет дочь; увлечения: теннис, книги.

МАЙЯ: Юрий Александрович! Я знала Вас много лет как специалиста по теоретическому моделированию электрических явлений в живых системах... И вот недавно прочла в журнале «Природа» Вашу статью «Как вирус проникает в клетку». Скажите, пожалуйста, что привело к такому изменению Ваших научных интересов в новом столетии?

Ю.А.: Наш путь от традиционной электрохимии в мир вирусов был сложным и увлекательным, хотя первые шаги в сторону «живого электричества» представляются вполне естественными. Достаточно вспомнить следующие слова великого Майкла Фарадея: *«Как ни удивительны электрические явления, присущие неорганической материи, они не идут ни в какое сравнение с теми, которые связаны с деятельностью нервной системы и жизненными процессами»*. Вдохновлённые этим высказыванием Фарадея, мы решили в 60-х годах прошлого столетия отправиться в «путешествие дилетантов», тем более что наука о живом стала в то время так же притягательна, как физика в начале XX века. Не имея никакого биологического образования, мы всё-таки чувствовали себя как дома среди мембранных потенциалов и нервных импульсов, поскольку в их основе лежат электрохимические закономерности. Обратив внимание на проблему распространения возбуждений, мы с радостью обнаружили, что понимание физики этого процесса во многом базируется на изучении моделей, пусть даже морфологически далёких от оригинала.

По формальной аналогии к аксону ближе всего оказались *«железные нервы»* – модель Лилли - Бонхеффера, представляющая собой железную проволоку в стеклянной трубке, заполненной азотной кислотой. Известно, что железо в азотной кислоте *пассивируется*, то есть покрывается плёнкой окисла, не позволяющей железу растворяться. Если в каком-либо месте зачистить проволоку, убрав тем самым плёнку окисла, то эта

царапина и локальный электродный потенциал «побегут» вдоль проволоки с постоянной скоростью. Вместо механического повреждения можно приложить импульс тока, разрушающий плёнку, что тоже вызовет бегущий импульс. На основе модели Лилли - Бонхеффера можно построить элементы, выполняющие логические операции, что, в свою очередь, делает возможным создание различных приборов, например, «химической» вычислительной машины. Правда, такой компьютер был бы великим тугодумом, поскольку скорость импульса в его «железных нервах» не превышает 1 метра в секунду, как показали проведённые нами расчёты. Зато подобные приборы могли бы удовлетворить потребности практики в низкочастотных преобразователях информации. Ведь в диапазоне низких частот электронные преобразователи с малым собственным временем крайне неэффективны.

Ещё одна занятная модель – это *«стеклянные нервы»*, которые предложил известный шведский биофизик Т. Теорелл. Его экспериментальное устройство состоит из двух сосудов, содержащих раствор поваренной соли разной концентрации. Жидкость может перетекать из одного сосуда в другой через пористую перегородку, сделанную из спечённого стеклянного порошка. По обе стороны мембраны установлены электроды, с помощью которых через неё пропускается электрический ток. Такое простое устройство обладает многими свойствами нейрона и может имитировать возникновение нервного импульса. Если пропускать через мембрану постоянный ток, то на ней устанавливается определённая разность потенциалов, и некоторое количество жидкости перетекает из левого сосуда в правый сосуд, так что возникает разность гидростатических давлений. Объясняется это электроосмотическим эффектом. Установившаяся на мембране разность потенциалов и соответствующее ей электроосмотическое давление в стационарном состоянии

уравновешиваются разностью гидростатических давлений. Поэтому в состоянии покоя уровни жидкости в сосудах различны, причём величина этой разности зависит от пропускаемого через систему тока. Но стоит только увеличить ток сверх некоторого критического значения, как мембранная разность потенциалов и разность гидростатических давлений начинают совершать практически незатухающие колебания большой амплитуды. В подобной системе можно наблюдать также распространение возбуждения, хотя скорость его составляет всего около 1 мм/сек, т.е. в 20 тысяч раз меньше, чем у лягушки. Этот результат, полученный из эксперимента, хорошо согласуется с разработанной нами теорией. Если бы некие существа имели бы стеклянные нервы, то судьба их была бы не лучше, чем у древних динозавров, вымерших, как полагают, из-за своей медлительности.

Набив руки на обчёте моделей и набравшись смелости, мы с Вячеславом Маркиным вычислили скорость нервных импульсов, распространяющихся по гладким и миелинизированным волокнам (журнал «Биофизика», 1967). К нашему удивлению, полученная величина скорости совпала с известным из опытов значением. Эта работа сыграла роль зародыша более общей теории возбудимых сред, которая включила в себя описание распространения электрических импульсов по сложным сетям, с которыми приходится сталкиваться в живых электровозбудимых тканях, таких как сердце и мозг. По результатам всех этих работ мы опубликовали совместно с В.С. Маркиным и В.Ф. Пастушенко книгу «Теория возбудимых сред». Всё это стало возможным благодаря тому, что мы участвовали в работе семинара И.М. Гельфанда, где такие замечательные учёные, как С.В. Фомин, М.Б. Беркинблит, М.Л. Цетлин, Л.М. Чайлахян и другие, подробно обсуждали математические подходы к описанию распространения возбуждений в различных системах. Что же касается

биологической стороны дела, то и здесь мне повезло с учителем – им был наш крупнейший электрофизиолог Б.И. Ходоров.

МАЙЯ: В Ваших теоретических описаниях как-то учитывались особенности генерации электрических токов в разных живых структурах?

Ю.А.: Электрофизиологи давно установили, что ионный ток, текущий через мембрану при прохождении нервного импульса, является знакопеременным. Поэтому мы аппроксимировали ионный ток, текущий через мембрану при возбуждении, кусочно-постоянной функцией или двумя «столиками». Иными словами, мы приняли, что в некоторый момент, соответствующий началу возбуждения, включается ток, направленный внутрь волокна, а спустя некоторое время ток принимает противоположное направление. Далее уже не трудно было найти автомодельное решение кабельного уравнения и определить скорость импульса. В последующих работах мы действовали более строго и включили в рассмотрение известные уравнения Ходжкина-Хаксли, описывающие потоки ионов натрия и калия через мембрану, а точнее – через соответствующие каналы.

КЛАРА: Ионные каналы, кажется, есть у каждой клетки? Нам Майя рассказывала, что любая живая клетка окружена специальной клеточной мембраной. На этой мембране и возникают электрические потенциалы из-за того, что разные ионы по-разному движутся по своим ионным каналам? У одних клеток – калиевые потенциалы, у других – хлорные или кальциевые... Так ведь?

Ю.А.: Не совсем так, в действительности дело обстоит сложнее: но Вы задаёте хорошие вопросы, на которые трудно дать краткие ответы. Так что наберитесь терпения и приготовьтесь к разговору о биомембранах, ионных каналах и ионных насосах. Начнём с того, что живая клетка – это высокоорганизованная и абсолютно неравновесная система. Она содержит массу различных

мембранных структур, таких как плазматическая мембрана, эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи, митохондрии, клеточное ядро и т.п. Основная функция мембран – барьерная, так как именно этим путём поддерживается индивидуальность клетки, то есть её частная жизнь, и прежде всего химический состав цитоплазмы. Любая мембрана достаточно сложна химически: она состоит из амфифильных фосфолипидных молекул и огромного числа различных белков. Фосфолипиды отвечают за барьерную функцию, а белки делают этот барьер селективно проницаемым, осуществляют активный транспорт, а также решают множество других ещё более сложных задач.

КЛАРА: Вы сказали: амфифильных, - что это значит? Что у живых клеток есть какие-то свои особые фосфолипидные молекулы, которые умудряются создавать такие высокие барьеры для движения ионов через мембраны?

Ю.А.: Фосфолипиды – это удивительные создания. Каждая молекула состоит из полярной головки и гидрофобного хвоста, которые предъявляют противоположные требования к окружающей среде. Поэтому их называют *амфифильными*. Эти молекулы чувствуют себя паршиво и в полярной и в гидрофобной среде. Зато им хорошо на границах раздела таких сред, так как полярная головка располагается, скажем, в водном растворе, а жирный хвост смотрит в воздух. Другой способ примирить противоречия между головкой и хвостом, если фосфолипиды вдруг оказываются в водном растворе – это сформировать бислойные мембраны, в которых хвосты прижаты друг к другу, а головки находятся в контакте с водным раствором. Любому иону, будь то H^+ , Na^+ или K^+ , - оказывается очень сложно проникнуть через такой бислой, так как их энергия в гидрофобной зоне крайне высока. Исключением являются только гидрофобные ионы, которые могут находиться и в водном растворе, и в мембране. Вот,

собственно, и вся физика, лежащая в основе барьерной функции мембран.

МАЙЯ: Говоря на языке физики, липидная основа биологических мембран – это что-то вроде высокой плотины, как, скажем, на Красноярской ГЭС?

Ю.А.: Можно и такое сравнение использовать...

МАЙЯ: Если продолжить эту аналогию, то в плотине энергию напора воды превращают в работу турбины, а в биологических мембранах роль турбин играют белки, которые выполняют разные функции, так?

Ю.А.: Да, конечно, но с одним уточнением. На гидростанциях создаётся перепад гидростатического давления, а в биомембранах – градиент концентраций различных ионов и трансмембранный скачок электрического потенциала. Именно так реализуется следующая по значимости функция биомембран – обеспечение нервной деятельности, - вы ведь знаете?

МАЙЯ: Да-да, вы правы! Нервная деятельность требует передачи импульсов: либо на большие расстояния по нервам, как по электрическим кабелям, либо с одной нервной клетки на другую через узкую синаптическую щель...

Ю.А.: В последнем случае обязательно происходит экзоцитоз синаптических везикул...

КЛАРА: Простите, экзо ... - что?

МАЙЯ: Нервный импульс, Клара, после того как он пробежал по нерву и должен подействовать на другую клетку, активирует специальные пузырьки-везикулы, внутри которых имеется особое вещество – медиатор...

КЛАРА: Час от часу не легче!

МАЙЯ: Экзоцитозом называют слияние таких пузырьков с клеточной мембраной. В результате из нервного окончания в синаптическую щель выделяется медиатор. Понятно?

КЛАРА: Не очень, но я готова поверить, что все именно так и происходит...

Ю.А.: Наша с вами возможность вести эту беседу обеспечена тем, что различные мембранные структуры претерпевают непрерывно протекающие процессы слияния и деления, которые управляются специальными молекулярными машинами белковой природы. К этому следует добавить, что мембраны ответственны и за преобразование энергии в митохондриях, которые, согласно теории Митчелла представляют топливный элемент, работающий в сочетании с химическим реактором, производящим богатые энергией молекулы АТФ. Таким образом, Природа давно решила ту проблему, над которой до сих пор бьются электрохимики, пытаюсь создать экологически чистый автомобиль.

КЛАРА: О теории Митчелла мы ведь говорили на семинаре, да, Майя?

МАЙЯ: Да, и мы недавно специально обсуждали с академиком Скулачевым современное состояние проблем связи электрических явлений в живых клетках с биоэнергетикой!

Ю.А.: Не умножая число примеров, где ключевую роль играют мембранные структуры, можно констатировать, что в 60^{ые} годы прошлого столетия сложилось самостоятельное научное направление – мембранная биология. Его отличие от традиционных биофизики и биохимии состояло в том, что предметом изучения стали векторные реакции, движущей силой которых являются трансмембранные градиенты потенциала или концентрации. Однако исследовать молекулярные механизмы перечисленных выше процессов, будь то генерация нервного импульса, активный трансмембранный транспорт ионов или слияние мембран на клеточном уровне, было и остаётся адски сложной задачей. Для ее решения необходимы были модели, морфологически близкие к биологическим объектам, а не «железные» или «стеклянные» нервы, упоминавшиеся выше.

МАЙЯ: У вас, я знаю, большой опыт работы с такими моделями?

Ю.А.: В 1968 г. П. Мюллер и Д. Рудин нашли способ получения липидных бислоев (БЛМ) в простой 2^х камерной ячейке. Это открыло массу возможностей для изучения электрических, транспортных и механических свойств липидных бислоев. Так, удалось выяснить механизм необратимого электрического пробоя мембран, а затем получить обратимую электропорацию, которая реализуется на клетках и представляет интерес для ряда приложений. Все это сделали сотрудники нашей лаборатории: И. Абидор, В. Аракелян, В. Пастушенко, С. Сухарев и Л. Черномордик. В это же время в Институте биоорганической химии (ИБХ) РАН, под руководством Ю.А. Овчинникова были получены такие ионофоры как валиномицин, грамицидин и другие, а затем изучены их свойства.

МАЙЯ: Клара, я вам советую специально съездить на улицу Миклухо-Маклая к зданию ИБХ: полюбоваться на замечательный памятник валиномицину у главного входа в институт.

Ю.А.: Юрий Анатольевич Овчинников как-то признался, что эта скульптура обошлась дороже, чем весь ионофорный проект, выполнявшийся целым рядом лабораторий в течение нескольких лет. В результате работы по этому проекту в опытах на липидных бислоях было доказано, что валиномицин работает как подвижный переносчик, который переносит сквозь мембрану ионы калия, а грамицидин образует канал.

МАЙЯ: Теория, описывающая эти явления, опубликована в книге «Индукцированный ионный транспорт», которую вы издали с Вячеславом Маркиным еще в 1974 году?

Ю.А.: Совершенно верно. Одновременно начались попытки выделения из биомембран натриевых и калиевых каналов и встраивания их в липидные бислои. Задача оказалась крайне сложной, что не удивительно, так как эти каналы, согласно структурным исследованиям, представляют собой огромные

молекулы, каждая из которых прошивает мембрану 24 раза. Проблема регистрации активности одиночных каналов была решена после того, как немецкие ученые Э. Неер и Б. Сакман создали метод «*пэтч-кламп*».

МАЙЯ: В 1991 году Неер и Сакман получили за это открытие Нобелевскую премию по физиологии и медицине!

Ю.А.: Да, действительно. Метод «*пэтч-кламп*» быстро стал основным инструментом в электрофизиологии. С его помощью удалось изучить работу одиночных каналов, прежде всего натриевого и калиевого. В сотрудничестве с молекулярными биологами, которые изготовили массу мутантов, Неер и Сакман смогли выяснить, какие именно аминокислоты отвечают за избирательную проницаемость каналов для разных ионов, а какие - играют роль сенсоров мембранного потенциала, участвуя, таким образом, в управлении открыванием и закрыванием ионных каналов. Если пользоваться современной терминологией, Неер и Сакман были пионерами в области *нанобиологии*.

КЛАРА: Надо же: про нанобиологию сейчас так много пишут: буквально все газеты и журналы... А Нееру и Сакману еще в 1991 году была присуждена Нобелевская премия за работы на этом уровне и без употребления такого термина!

Ю.А.: Могу привести ещё один замечательный пример из области работ в наномасштабах. В англоязычной литературе этот раздел биологии именуют «single molecule biophysics»...

МАЙЯ: То есть – биофизика одиночных молекул?

Ю.А.: Да, именно так! Я имею в виду механизм работы протонного насоса.

КЛАРА: А что это за насос такой?

МАЙЯ: Это один из важнейших мембранных белков. Его свойства хорошо изучены: доказано, что это фермент H^+ -АТФазы, который либо качает через мембрану ионы водорода (протоны), используя

энергию АТФ, либо синтезирует АТФ с помощью градиента электрохимического потенциала протонов.

Ю.А.: Группа Кинозиты из Японии показала, что этот насос имеет статор и вращающийся домен, ротор. В жизни не забуду их видеофильм, который демонстрировал, как именно происходит это вращение в реальном времени на уровне одиночной молекулы. Впервые такого рода моторы были найдены у бактерий, которые двигаются за счет вращения молекулярного хвоста. А вот почему в случае «бесхвостых» H^+ -АТФаз, которые плаванием не занимаются, сохраняются подобные статор и ротор - остаётся загадкой. Почему в этих случаях Природа не отступила от своего принципа?

КЛАРА: Замечательно! Вот вам и нерешенная научная проблема, которая ждет своих исследователей!

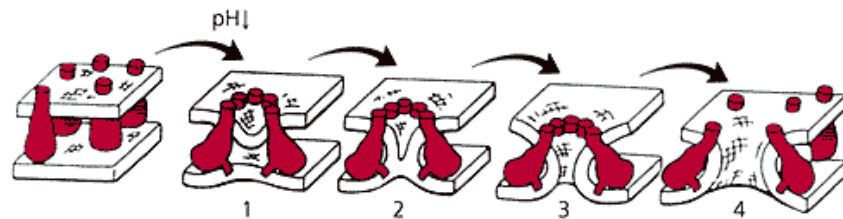
МАЙЯ: Юрий Александрович, если вернуться к исторической логике ваших исследований в области живого электричества, получается, что после разработки метода «*пэтч-кламп*» липидные бислои как модели биологических мембран потеряли своё значение. Ведь теперь стало возможным исследовать и очень точно любые природные мембраны, – это так?

Ю.А.: Не совсем так. Мы нашли липидным бислоям замечательное применение – изучили с их помощью механизм слияния мембран.

МАЙЯ: Слияние мембран, как мы говорили с вами только что, важно, например, при передаче нервного импульса с клетки на клетку с помощью экзоцитоза синаптических пузырьков.

Ю.А.: Наши, тогда еще совсем молодые сотрудники Гриша Меликян и Лёня Черномордик где-то в 70^х годах построили 3^х-камерную ячейку, в которую помещали две БЛМ, приближали их друг к другу гидростатическим давлением, а затем – электрически и оптически – наблюдали за всеми последующими событиями. Оказалось, что после некоторого времени ожидания бислои

начинают сливаться, так что из 2^x мембран получается одна. Тогда же наши теоретики, Слава Маркин и Миша Козлов, на кончике пера показали, что слияние липидных мембран идёт через образование локального перешейка, называемого «*сталком*». Этот механизм получил широкое признание, особенно после того, как его справедливость была доказана на примере биомембран.



МАЙЯ: Но ведь в составе природных мембран кроме липидной основы много разнообразных белковых молекул. Как они участвуют в процессе слияния мембран?

Ю.А.: Очень хороший вопрос! Отличие природных мембран от модельных бислоёв состоит в том, что сближение биологических мембран осуществляют белки, которые образуют «*машину слияния*».

КЛАРА: Боже мой, - а это еще что такое?!

МАЙЯ: Клара! Мы ведь смотрели с вами в Интернете статью Юрия Александровича «Как вирус сливается с клеткой»? Там написано про «*машину слияния*»!

КЛАРА: Смотрели, но я это не очень хорошо поняла...

Ю.А.: Наиболее чёткие результаты были получены на примере слияния, индуцированного вирусом гриппа, так как соответствующая «*машина слияния*» включает всего один белок, гемагглютинин (*ГА*). Структура этого белка была установлена с атомным разрешением.

КЛАРА: И вы проводили электрофизиологические опыты с одиночным вирусом гриппа? Как вам это удалось? Вирус ведь такой маленький: всего две десятых микрона в диаметре!

Ю.А.: Пришлось пойти на определенные ухищрения. В США были получены с помощью современных методов биоинженерии клетки *Наb2*, в состав плазматической мембраны которых удалось включить молекулы *ГА*. Получилась как бы клеточная модель вируса с диаметром порядка 20 мк. За процессом слияния клетки такого размера с эритроцитом уже удается следить электрофизиологически и одновременно с помощью флуоресцентной микроскопии. Это было сделано в США при участии наших бывших сотрудников В. Фролова и Л.Черномордика.

МАЙЯ: Подробности этого эксперимента описаны в вашей статье «Как вирус сливается с клеткой»?

Ю.А.: Да. Эту статью - легко найти в Интернете.

МАЙЯ: А что вы можете сказать, зная результаты таких экспериментов, о процессе слияния вируса с клеткой?

Ю.А.: Анализ фактов и некоторые домыслы приводят к следующей картине вирус-индуцированного слияния. В нейтральной среде молекула *гемагглютинина* напоминает пружину, зажатую защёлкой, роль которой играет пептид слияния, спрятанный в «гидрофобный карман» *ГА*. При закислении среды до $pH=5$ пептид выходит из заточения и молекула *ГА* переходит в новое конформационное состояние. При этом пептид не просто выходит на свободу, а перемещается в самый верхний конец молекулы и проникает в мембрану клетки-жертвы. В ходе последующих конформационных перестроек молекулы *ГА* складываются, способствуя сближению мембран. Чтобы решить эту задачу, молекулы *ГА* действуют не поодиночке, а коллективно. Как показали эксперименты, в ходе взаимодействия вируса с клеткой-мишенью образуются розетки из шести-восьми тримеров

ГА, внутри каждой из которых находятся изогнутые липидные участки с диаметром ~ 10 нанометров.

МАЙЯ: И снова – наномасштабы!

Ю.А.: Да. С помощью электронно-микроскопических и электрофизиологических исследований удалось обнаружить в сближающихся мембранах локальные вспучивания, получившие название *димплов*. Белки слияния, изгибая мембраны, не только сближают их, но и обеспечивают энергией, облегчая образование монослойной перемычки – *сталка*.

МАЙЯ: Как и при слиянии модельных липидных бислоёв?

Ю.А.: Да. Отличие только в том, что в случае с вирусом именно белки *ГА* способствуют открытию поры слияния, через которую генетический материал выходит в окружающую среду.

МАЙЯ: А ваши сотрудники, которые обнаружили этот эффект, продолжают исследования по вирусной тематике?

Ю.А.: Продолжают, но только за границей: Л.Черномордик в НИИ, а Г. Меликян в Университете Мэриленда.

МАЙЯ: Понятно. К сожалению, в XXI веке очень многие молодые ученые предпочитают работать за рубежом.

Ю.А.: Им там работается хорошо. А вот наше общество теряет свой научный потенциал...

КЛАРА: Юрий Александрович, вы говорили про экзоцитоз синаптических везикул, - там тоже работают ваши любимые *сталки* и *димплы*?

Ю.А.: Законный вопрос, буду рад на него ответить. Дело в том, что научное сообщество структурировано по интересам и подходам к решению близких задач, а взаимодействие между ними, мягко говоря, слабое. Например, проблемой слияния мембран занимаются, как биофизики, использующие модельные системы, так и клеточные биологи и вирусологи. Общение между ними затруднено тем, что велики различия в степени сложности объектов исследования, а к тому же все они говорят на разных

языках. Ранее в нашей беседе уже звучало, что машина слияния, работающая при экзоцитозе синаптических пузырьков, включает множество белков, структура и функции которых пока не установлены. Однако, в последнее время лёд тронулся, и клеточные биологи согласились рассматривать обнаруженные ранее *сталки* как универсальные структуры-посредники, необходимые для слияния любых мембран. Это произошло после того, как в лаборатории д-ра Ротмана в Нью-Йорке было получено слияние липосом, в мембраны которых встраивались белки SNARE 1 и SNARE 2, входящие в слиятельную машину синаптических пузырьков. Авторы пришли к выводу, что по ряду признаков слияние протекало именно через образование *сталков*.

КЛАРА: Получается, что молекулярный механизм слияния биомембран теперь полностью ясен и можно поставить точку – это так?

Ю.А.: К сожалению, а может быть к счастью, праздновать победу пока рано. До сих пор никто не знает, какие силы стабилизируют розетки слияния? Какова их стехиометрия? Чему равны силы, развиваемые белками слияния *ГА*? Дело в том, что ключевое событие в ходе слияния – это образование *сталка* на верхушке *димпла*. Все события разыгрываются при этом на масштабах порядка нескольких нанометров и за очень короткие времена. Известные методы электрофизиологии здесь бессильны.

КЛАРА: А что делать?

Ю.А.: Мы хотим использовать *атомно-силовой микроскоп*. Это новый прибор: описание его устройства и принципа работы есть в Интернете. С его помощью можно отследить всю динамику процесса вирусного слияния, если в поле микроскопа удастся поместить одиночный вирион и подходящую мишень. Задача, конечно, безумно сложная, но чем чёрт не шутит – а вдруг получится? Тогда следующий шаг будет состоять в подборе

пептидов, которые могли бы блокировать образование розетки слияния и тем самым ингибировать вирусное инфицирование.

МАЙЯ: Юрий Александрович, если я правильно поняла, вы обратились к вирусу гриппа в поисках простой модели для выяснения деталей работы липидно-белковой машины слияния. Но, ведь, вирус гриппа – это страшный патоген. Не может ли глубокое изучение механизмов его взаимодействия с живой клеткой как-то ориентировать специалистов на поиски новых методов борьбы с вирусной инфекцией?

Ю.А.: Вы совершенно правы, и очень приятно, что мы думаем в унисон. Изучение механизма инфицирования клетки – это очень красивая, трудная и благородная задача. Недавно в США было проведено исследование первых стадий этого процесса. Когда я читал эту статью и смотрел снятый авторами видеофильм, меня не покидало ощущение чуда, которым является жизнь клетки. Сначала вирус адсорбируется на клеточной мембране, а потом как бы проваливается в клетку, оказываясь внутри неё в корзиночке, которая образуется из клеточной мембраны и сохраняет с ней связь через мембранную трубочку диаметром несколько нанометров. На следующем этапе путешествия вируса внутрь клетки эту мембранную нанотрубочку, на которой внутри клетки висит корзиночка с вирусом, разрезают специальные молекулярные устройства: их назвали «машинами деления». Ключевым игроком здесь является белок *динамин*, который использует как источник энергии молекулы ГТФ. Затем вирус попадает в эндосому, которая вдоль микротрубочки с помощью молекулярного шагового мотора перемещается в сторону ядра. По ходу этого движения рН внутри эндосомы падает до 5 и возникают условия для активации *ГА*, слияния мембран и образования поры, через которую генетический материал выходит в цитоплазму. Для изучения «машины деления» В.Фролов и П.Башкиров создали новую модельную систему: научились вытягивать из липидного

бислоя трубочки и разрезать их с помощью белка *динамина*. В результате они проследили за динамикой процесса деления, а описал его теоретически наш сотрудник С.Акимов.

МАЙЯ: И теперь вы можете подбирать вещества, прерывающие этот путь на одном из этапов, так чтобы не принести вреда нормальным жизненным процессам в клетке, которую нужно защитить от вируса?

Ю.А.: Да, и по-видимому лучше всего, прервать этот путь как можно раньше, например, не дать *динамину* порвать *нанотрубочку*, связывающую корзиночку, в которой покоится только что проникший в клетку вирус, с поверхностью клетки. Для этого мы планируем исследовать, как *динамин* разрезает *нанотрубочки* разного состава в разных условиях.

КЛАРА: Вот тебе и грипп....

Ю.А.: Точное описание на молекулярном уровне процессов слияния и деления важно не только для поисков антивирусных препаратов. Как говорилось выше, в клетке непрерывно идут процессы «полезного» слияния и деления. Разобраться в физическом механизме этих процессов необходимо для понимания того, как работают сложные живые системы. По-моему это вполне достойное занятие для будущих поколений учёных!

В ГОСТЯХ У ДОКТОРА БАРОНА - летом 2009 года



Слева – д-р В.Д. Барон. Справа – друг д-ра Барона профессор Уолтер Хейлигенберг, выдающийся нейрофизиолог, потрясавшее много наработавший по электрической коммуникации и локации рыб, трагически погибший в авиакатастрофе в 1994 г.

Владимир Давыдович Барон:

Родился в 1939 году в г. Изюм, Харьковской области. Закончил среднюю школу в п. Салтыковка (Подмосковье), Московский физико-технический институт и аспирантуру того же института. Кандидатскую диссертацию защитил в Институте проблем передачи информации АН СССР, докторскую - в Институте эволюционной морфологии и экологии животных АН СССР. Ведущий научный сотрудник Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, руководитель группы электрорецепции и электроориентации рыб. Член Международного общества нейроэтологов, Национального Географического Общества США.

- Как появились в эволюции электрические органы у рыб и почему только у рыб?
- Какие проблемы, связанные с механизмом генерации электричества в телах рыб, исследуют ученые сейчас и какими новыми методами?
- Что нового узнали ученые об использовании электрических полей рыбами?
- Какую роль играют электрические разряды в общении рыб?
- Действительно ли, рыбы используют электрические разряды для локации? А для охоты?
- Какую роль играют электрические разряды в общении рыб?
- Подтвердилась ли гипотеза, что в мутных реках электрическая деятельность облегчает рыбам дыхание за счет электролиза воды и выделения кислорода?

Эти и многие другие вопросы живо интересуют не только ученых: в сети Интернет - очень много материалов об электрических рыбах, - как не запутаться в море информации? – Конечно, спросить специалиста!

МАЙЯ: Владимир Давыдович, вы ведь руководите группой ученых, которые исследуют, как рыбы воспринимают электричество и как они ориентируются с помощью электричества в окружающей среде?

В.Д.: Совершенно верно. Наша группа изучает экологическую роль электрических полей естественного и антропогенного происхождения, осуществляет моделирование методами бионики систем электрической ориентации рыб, а также особенностей генерации и восприятия электричества у гидробионтов.

МАЙЯ: Что нового удалось вам узнать о поведении электрических рыб?

В.Д.: Мы смогли существенно расширить список электрических рыб, установить корреляции между генерацией электричества и особенностями поведения, формой разрядов, строением и иннервацией электрических органов.

КЛАРА: В сети Интернет мы нашли аннотацию к вашей статье вместе с В.М.Ольшанским в майском номере журнала «Вопросы ихтиологии» за этот год про то, что вы обнаружили какие-то удивительные особенности в способности генерировать электричество у одного вида сомов. Майя, напомните, пожалуйста, о чем идет речь в этой статье...

МАЙЯ: Статья посвящена изучению монополярных электрических разрядов сома *Parasilurus asotus*.

В.Д.: Да, в этой статье мы опубликовали результаты работы, где были впервые зарегистрированы электрические разряды у очень популярного в Юго-Восточной Азии вида сомов - *Parasilurus asotus*. Разряды представляют собой монополярные импульсы длительностью 50–300 мс, что соответствует частотным характеристикам ампулированных электрорецепторов этих сомов. Самое важное, что электрическая генерация проявляется только при агрессивно-оборонительном поведении не менее двух особей. От одиночных рыб разряды не наблюдались ни при длительных непрерывных регистрациях (более суток каждая), ни при механической стимуляции.

КЛАРА: А чем так популярен этот вид сомов?

В.Д.: По крайней мере, двумя обстоятельствами. Во-первых, именно на *Parasilurus asotus* впервые (в 30-х годах прошлого столетия) была продемонстрирована поразительная чувствительность пресноводных рыб к слабым электрическим полям. Во-вторых, в частности, в Японии сомы этого вида являются неотъемлемой частью многочисленных народных легенд

и сообщений «очевидцев» об их удивительной способности менять свое поведение в преддверии землетрясений и цунами. Мы предполагаем, что исследованных нами рыб можно, действительно, хотя бы частично рассматривать в качестве «предвестников» землетрясений, так как они способны активно (с использованием собственных электрических разрядов) проводить мониторинг электропроводности воды с высокой относительной чувствительностью: порядка 0.0002%.

КЛАРА: А зачем такой мониторинг нужен самим рыбам?

В.Д.: Зачем – непонятно, но эта гипотеза помогает объяснить аномальное групповое поведение электрических сомов перед землетрясениями.

МАЙЯ: Иными словами, в XXI веке специалисты уже не сомневаются в том, что у рыб есть электрическое чувство, но пока не решена проблема, как рыбы используют это чувство?

В.Д.: Совершенно верно!

КЛАРА: Я принесла январский номер журнала "В МИРЕ НАУКИ" - за прошлый год. Здесь статья «Электрическое чувство у акул». Вот: акул изучали в специальном кольцевом аквариуме и доказали, что у них тоже есть электрические рецепторы!

МАЙЯ: Владимир Давыдович, что вы на это скажете?

В.Д.: Изучение электрогенераторных и коммуникационных особенностей у рыб активно велось еще в 70-80 годах прошлого столетия. В результате были получены фундаментальные знания о структуре электрических органов и электрических рецепторов у рыб, а также обнаружилась, что рыбы способны зондировать окружающую водную среду слабыми электрическими сигналами. Использование современных компьютерных технологий позволило ученым более глубоко изучать это явление.

КЛАРА: Жаль, что Варфоломея с нами нет!

МАЙЯ: В XXI веке компьютерные технологии уже не диковинка: многими из них владеют даже школьники!

В.Д.: К началу 90-х годов усилиями нескольких лабораторий мира была сформулирована и практически реализована на компьютерных моделях система «*электровидения*», чувства, совершенно незнакомого человеку. Благодаря этому чувству рыбы, которые генерируют относительно слабые электрические сигналы, в результате чрезвычайно сложных механизмов обработки искажений собственного электрического поля строят в собственном мозгу картину окружающего мира. Для понимания работы этой системы большое значение имели исследования выдающегося нейробиолога современности Уолтера Нейлигенберга и его учеников. Эти ученые выполнили систематические послонные микроэлектродные отведения от отдельных нейронов центральной нервной системы, связанных с обработкой электросенсорной информации.

МАЙЯ: Микроэлектродные отведения от отдельных нейронов – это очень тонкая и сложная экспериментальная работа.

В.Д.: Согласен. В 90-х годах прошлого века обнаружили и начали изучать электрические разряды у многочисленной группы сомообразных рыб. В результате этих работ существенно изменились взгляды на то, как рыбы используют слабые электрические поля для решения задач внутри и вне видового общения, для электрической коммуникации и локации.

МАЙЯ: Владимир Давыдович, ваша группа изучает именно сомовых рыб?

В.Д.: Да, но и не только. Важное направление работы именно нашей группы - изучение поведения сомов в естественной среде их обитания. До нас изучали в основном две группы пресноводных рыб: мормирид и гимнотид, - благодаря наличию у них уникальных систем генерации электрических сигналов в воду и не менее уникальных систем их электровосприятия. До нас пресноводных рыб активно исследовали в нескольких лабораториях мира, но в аквариумах. Мы же заинтересовались

проблемой, действительно ли электрические разряды сомов присутствуют в естественной среде их обитания?

КЛАРА: Не понимаю, как можно изучать электричество у сомов прямо в реке?

В.Д.: В реке – трудно. Но оказалось вполне удобным делать это в мутных озерах Африки...

КЛАРА: Как?! В самой настоящей Африке?!

В.Д.: Да. Первые удачные результаты мы получили в результате экспедиции на озеро Чамо в Эфиопии. Здесь мы впервые зарегистрировали электрические разряды сомов в естественной среде их обитания. Кроме того, нас интересовала проблема механизмов запуска разрядов у так называемых *слабоэлектрических* сомов. Чтобы локализовать центры запуска разрядов у таких рыб, мы провели у них экспериментальное зондирование зон продолговатого мозга методом микроэлектродной стимуляции. Заранее накопленный банк данных по паттернам электрических разрядов у сомов этих видов позволил достаточно точно локализовать зоны в продолговатом мозге, откуда «запускаются» электрические разряды, идентичные естественным. Очевидно, что в естественных условиях эти центры «срабатывают» под управлением вышележащих отделов мозга и соответствующей афферентации.

КЛАРА: Нет, для меня - это очень сложно...

МАЙЯ: Да, чтобы разобраться в таких результатах, нужно и биологию хорошо знать, и физику...

В.Д.: И сложную современную технику грамотно использовать. В лабораторных условиях не случайно долгие годы исследовали только два вида пресноводных слабоэлектрических рыб: *мормирид* и *гимнотид*. У них есть электрические органы «непрерывного действия» и потому легко отслеживать по электрическим разрядам реакции рыб на самые разные возбуждения. А вот у *слабоэлектрических* сомов такие органы

срабатывают спорадически. В частности, для многих *слабоэлектрических* сомов мы зарегистрировали специфичные для этого вида электрические разряды исключительно при агрессивно-оборонительном поведении.

КЛАРА: Как же вам удалось это сделать?!

В.Д.: Мы использовали современные технологии видео регистрации и анализа изображений. Например, сейчас мы ведем эксперименты по регистрации электрической активности сомов синхронно с непрерывной видеозаписью их поведения. Очень интересные факты мы обнаружили в сериях длительных (6-8 часов) непрерывных видеозаписей поведения сомов с одновременной регистрацией электрических сигналов и акустической активности. Оказалось, что электрические сигналы при агрессивно-оборонительном взаимодействии пары сомов могут генерироваться, как атакующей особью, так и «убегающей» рыбой.

МАЙЯ: Что это значит?

В.Д.: Покадровый анализ записей показывает, что сигналы возникают за несколько миллисекунд до непосредственного контакта, когда «зазор» между рыбами может достигать 2-4 см. По экспериментальным оценкам реакций центральных электрорецепторных нейронов пороги чувствительности у таких рыб ниже 1 микровольта на сантиметр.

МАЙЯ: Это много или мало?

В.Д.: Это очень высокая чувствительность! Если принять во внимание эти данные и данные других исследователей по высокой электрической чувствительности сомов, можно уверенно предполагать сигнальное значение генерируемых сомами разрядов.

МАЙЯ: Важно, что результаты многолетних лабораторных исследований ваша группа подтвердила в условиях экспедиции ...

КЛАРА: Да еще – прямо в Африке!

МАЙЯ: А кроме поведения в природе, насколько интересно изучать именно те новые группы рыб со слабыми электрическими разрядами, которые обнаружила ваша группа? Ведь почти 100 лет две хорошо известных группы слабо электрических рыб исследовались широким фронтом со всех возможных позиций. Изучалось их поведение, исследовались особенности электрофизиология, создавались математические модели и т.д. Что может добавить нового описание еще нескольких слабо электрических таксонов?

В.Д.: Обнаружение слабо электрических сомов – событие очень важное для электроихтиологии. Мы, наконец-то закрыли «брешь», которая нарушала, так сказать, симметрию в мире электрических рыб.

КЛАРА: Симметрию? Это интересно!

В.Д.: Симметрией я это называю условно. Просто среди морских хрящевых рыб существуют *сильноэлектрические* скаты и многочисленные виды скатов *слабоэлектрических*. Среди морских костистых – то же самое: есть *сильно электрические* и *слабо электрические*. Наконец, среди пресноводных: на американском континенте – есть *сильно электрический* угорь и многочисленные *слабоэлектрические* гимнотиды. И только среди сомообразных существовала до последнего времени как бы «асимметрия» – их представлял среди электрических рыб - единственный *сильно-электрический* сом *Malapterurus electricus*! И это еще при том, что у всех изученных к настоящему времени сомов (и морских, и пресноводных) - чрезвычайно высокая электрочувствительность.

КЛАРА: Действительно, вроде бы непорядок был ... А вы – порядок установили!

МАЙЯ: Любопытно, а почему так долго слабо электрические сомы ускользали от исследователей?

В.Д.: Дело в том, что сам характер генерации электричества у большинства слабоэлектрических сомов – совершенно уникален.

Такие *слабо электрические* рыбы, как мормириды и гимнотиды, - генерируют свои разряды постоянно на протяжении всей жизни. Первые - в виде отдельных коротких импульсов, вторые – синусоидальными волнами. А вот у большинства сомов, разряды обнаруживаются только при агрессивно-оборонительном взаимодействии пары особей. Таким образом, мы наблюдаем совершенно уникальный случай в эволюции электрогенераторных систем: сами разряды – слабо электрические, а ситуации, при которых они возникают, характерны для поведения рыб сильно электрических.

МАЙЯ: При этом важно, что вы изучали сомов именно в природных условиях!

В.Д.: Да. Хотя, конечно, мы пока изучили далеко не все поведенческие ситуации, когда у сомов могут возникать разряды.

КЛАРА: Думаю, все школьники захотят пойти по вашим стопам: изучать в Африке электрических рыб!

В.Д.: По-моему, нынешние школьники уже не мечтают о настоящих путешествиях: им живую природу Интернет заменил.

МАЙЯ: Нет, вы не совсем правы, Владимир Давыдович: есть учителя биологии, которые и в XXI веке обязательно летом вывозят своих школьников на полевую практику!

В.Д.: Возможно, не знаю. Так вот. Мы предполагаем, что слабые электрические разряды могут сопровождать нерестовое поведение и уход за потомством, использоваться при взаимодействиях хищник-жертва и еще в целом ряде ситуаций. В связи с этим очевидны и те трудности, с которыми нам приходится сталкиваться в своей работе. Для изучения рыб, которые непрерывно генерируют электричество (как, например, все те же *мормириды и гимнотиды*) есть широкий спектр экспериментальных подходов. Скажем, можно в среду, окружающую таких рыб, подавать сигналы естественного или искусственного происхождения и затем исследовать особенности

взаимодействия, а также корреляции избегания от помех и другие характеристики. У наших сомов само возникновение разрядов связано с поведением и не является спонтанным: приходится ловить момент!

МАЙЯ: В статье этого года вы пишете, что наличие электрического чувства может помочь объяснить аномальное групповое поведение электрических сомов перед землетрясениями?

В.Д.: Да, мы давно интересовались фактами корреляции электрических и акустических сигналов при взаимодействии сомов. Экспериментально были обнаружены три возможные ситуации: (1) электрические разряды и акустические сигналы возникают совместно, при этом во всех такого рода регистрациях появление электричества на несколько *миллисекунд* опережает акустику; (2) электрические разряды могут возникать без акустических сигналов; (3) акустические сигналы, в свою очередь, также могут не сопровождаться электрической генерацией. Эти факты нам интересны с двух сторон: и в плане сигнального значения этих двух модальностей в поведении сомов, и в плане выяснения проблемы локализации электрического органа.

КЛАРА: Вы хотите сказать, что изучаете электрических рыб и не знаете, где у них электрический орган?!

В.Д.: Не забывайте, пожалуйста, что сам факт электрической генерации обнаружен у этих рыб не так давно.

КЛАРА: Да, конечно, извините!

В.Д.: По поводу локализации источника электрических разрядов у сомов в настоящее время существует лишь одно сообщение. Было предположено, что у одного из родов сомов источник разрядов локализуется в пределах так называемой «акустической мышцы».

МАЙЯ: Акустическая мышца?... Как интересно ...

В.Д.: Это парное образование, которое своей основной массой прилегает к плавательному пузырю. Сокращение этих мышц может вызывать так называемые «барабанные» звуки, которые мы отчетливо улавливаем гидрофоном. В поведении сомов эти звуки имеют, по-видимому, некоторое сигнальное значение. Мы провели гистологические исследования «акустической мышцы» сома *Synodontis schall* и нашли в составе обычных групп волокон поперечно-полосатой мускулатуры «островки» особых клеток. Упаковка и вид этих клеток, действительно, напоминают электрические клетки ранее описанных электрических органов рыб. Если в дальнейших исследованиях мы подтвердим способность этих «вкраплений» генерировать электричество, то сможем дать интересное объяснение результатам по синхронной регистрации акустической и электрической активности.

КЛАРА: Это и есть электрический орган?

В.Д.: Мы предполагаем, что электрические клетки возникли в составе акустической мышцы, но сам электрический орган у наших сомов еще не обособился в цельную морфологическую структуру. В связи с этим командные сигналы, поступающие из центра, могут запускать, как всю мышцу целиком (и тогда на записях мы видим и электрические и акустические сигналы почти одновременно), так и раздельно, – либо электричество, либо акустику.

МАЙЯ: Выходит, слабо электрические сомы оказались интересны не только особенностями электрической сигнализации в своем поведении, но и в более широком, эволюционном плане?

В.Д.: Да, именно так.

МАЙЯ: Замечательно! В этом году исполнилось 200 лет со дня рождения Чарльза Дарвина и 150 лет опубликования его гениального труда «Происхождение видов», а проблем в понимании эволюции за это время не только не убавилось: они нарастают как снежный ком!

КЛАРА: Вы видели апрельский номер журнала «В мире науки» за этот год? Он целиком посвящен учению Дарвина!

МАЙЯ: Владимир Давыдович, расскажите, пожалуйста, что вы думаете об эволюционном значении электрических рыб и ваших сомов, в частности?

В.Д.: Принято считать, что электрические органы всех изученных электрических рыб произошли из мышц и обособились в процессе эволюционных трансформаций в отдельные морфологические структуры с целым комплексом специфических адаптаций: собственной системой запуска и управления, локализованной на различных уровнях центральной нервной системы, функционально оформленной системой соединительно-тканых оболочек, препятствующих утечке тока в момент разряда и т.д. В случае *слабо электрических* сомов адаптации такого рода еще, по-видимому, не завершены. Можно полагать, что системы электрической генерации у представителей данной группы рыб находятся на более ранней стадии развития, чем у ранее изученных и широко известных видов рыб. В пользу этого предположения говорит также и тот факт, что у многих сомов с обнаруженной специализированной электрической активностью разряды представляют собой монополярные (или почти монофазные) электрические волны: а это с точки зрения эволюции принято относить к более «примитивным» формам (по сравнению с полифазными электрическими разрядами).

КЛАРА: Да-а, тут без знания физики голову сломаешь...

МАЙЯ: Владимир Давыдович, расскажите немного о ваших ближайших планах?

В.Д.: В нашем Институте на протяжении многих лет существуют и очень успешно работают (несмотря на финансовые трудности) три постоянно действующие биологические экспедиции: в Монголии, Вьетнаме и Эфиопии. Отряды ученых самых разнообразных специальностей поочередно командуются в эти

страны на 1-2 месяца, где выполняют полевые исследования по исключительно широкому кругу проблем общей биологии. В 2009 году наша группа провела очень интересные работы во Вьетнаме, где мы впервые зарегистрировали электрические разряды у двух представителей морских костистых рыб-звездочетов. Моя статья на эту тему принята к публикации журналом «Вопросы ихтиологии». Предположительно на ноябрь-декабрь этого года для нашей группы зарезервировано время для работ в составе Российско-Эфиопской биологической экспедиции, где планируется подготовить каталог обитающих в водах этой страны слабо-электрических рыб (сомообразных и мормирид).

КЛАРА: А скажите, пожалуйста, на что вы советуете школьникам обратить внимание в Интернете?

В.Д.: Что касается Интернета, то школьникам, которые интересуются биоэлектричеством вообще и электрическими рыбами, в частности, можно посоветовать набрать в любой поисковой системе соответствующие слова, например; «электрорецепция», «электрические рыбы» и т.п. Тем же, кто владеет английским языком, я советую найти в Интернете имена – Т.Н. Bullock, С. Hopkins, Р. Moller – обзоры этих выдающихся ученых написаны удивительно ясным, живым языком.

Вот, например, три очень полезные ссылки:

1) **Theodore H. Bullock.** The Future of Research on Electroreception and Electrocommunication

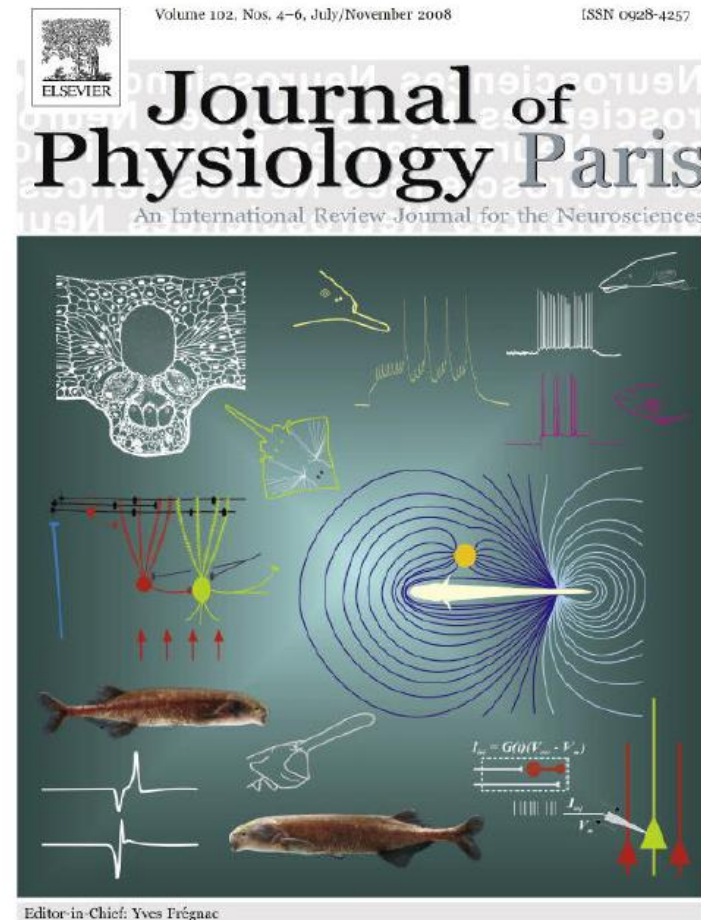
<http://cogprints.org/106/0/jeb-ms.htm>

2) **Gunther K.H. Zupanc and Theodore H. Bullock.** From Electrogenesis to Electroreception: An Overview.

[Springer Handbook of Auditory Research, Electroreception](#)

3) **G. K. H. Zupanc and T. H. Bullock.** [Walter Heiligenberg: the jamming avoidance response and beyond.](#)

[Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology, Volume 192, Number 6 / Июнь 2006 г.](#)



ВИДЯТ ЛИ АРХЕОЛОГИ СКВОЗЬ ЗЕМЛЮ?



В ГОСТЯХ У ПРОФЕССОРА ЧУКА- в июне 1982 года

Заседание 47-е:

«**Видят ли археологи сквозь землю?**»

ВЕДУЩИЙ: В эфире научно-популярная программа для школьников – Семинар нерешенных проблем!

(Песня)

(На фоне затихающей песни предсеминарский шумок, шуршание бумаг, переговоры, смех)

ЧУК: Здравствуйте, коллеги! ... (Все здороваются, шум стихает)... Начинаем очередное заседание Семинара нерешенных проблем. Сегодня, как мы и договорились, на повестке дня проблемы археологии. Степан Степанович предложил назвать тему заседания так «Видят ли археологи сквозь землю?» - по-видимому, имея при этом в виду новые методы археологии, так сказать, раскопки без раскопок?

СТ.СТ.: Совершенно верно!

ЧУК: Но начать, по-моему, следовало бы с более общих вопросов. Например, дать определение предмета археологии, немного истории: как развивалась эта наука ... перспективы ...

МАЙЯ: А можно мне слово?

ЧУК: Пожалуйста, Майя.

МАЙЯ: Многие, думаю, знают, что рождение российской научной археологии следует отнести к эпохе Петра I ...

ВАРФ.: Думаю, что это далеко не всем известно!

МАЙЯ: Да? Ну, может быть ... Просто, я нашла в своей библиотеке книгу «Пушкин и древности», - в которой есть выдержки из указа Петра. Я прочту вам, это очень интересно... (читает) ... «Ежели кто найдет в земле или в воде какие старые вещи, а именно, каменья необыкновенные, кости человеческие или скотские, рыбы или птичьи, не такие, какие у нас ныне есть, или и такие да зело велики или малы перед обыкновенными, также какие старые надписи на каменьях, железе или меди, или какое старое необыкновенное ружье ... (поясняет) ... под словом ружье имеется тут в виду всякое оружие ...

ЧУК: Понятно ...

МАЙЯ: (продолжает читать) ... посуду и прочее все, что зело старо и необыкновенно, - тако ж бы приносили, за что будет довольная дача». Этот указ сберег для России много интересных памятников прошлого.

СТ.СТ.: Конечно. Но обратите внимание: дата издания указа – 1718 год. О чем это говорит? О том, что археология – наука очень и очень молодая, - ей всего двести лет с лишним.

ВАРФ.: Странно ... неужели до этого не интересовались стариной?

КЛАРА: Еще как интересовались – грабители гробниц успели раньше многих археологов приложить руку к древним сокровищам!

СТ.СТ.: Не только грабители, многие истинные любители старины искали старинные статуи, вазы, монеты ... Безусловно, древности интересовали людей давно ...

Кстати, знаете ли вы, откуда пришел сам термин «археология»?

ВАРФ.: Наверное, из Греции, Степан Степаныч?

СТ.СТ.: Абсолютно верно. В переводе с греческого это означает: наука о древности. И придумал этот термин еще в четвертом веке до нашей эры знаменитый философ Платон ... Вот так. И все же наукой археология стала действительно недавно: долгие годы существовало просто собирательство древностей, кладоискательство. К сожалению, в этот период погибли для науки многие важные свидетельства прошлого, часть вещей и построек просто была разрушена неопытными псевдоархеологами, часть попала в личные коллекции ... А ведь для опытного специалиста каждая вещь – рассказ о жизни ее владельца ...

ВАРФ.: Ну вы преувеличиваете, Степан Степаныч! Конечно выдающийся специалист, обладающий талантом Шерлока Холмса, способен по одной вещи узнать характер ее владельца, его мысли и образ жизни, но в общем-то как правило вещи бессловесны. И тут прав замечательный русский поэт Бунин:

«Молчат гробницы, мумии и кости,

Лишь слову жизнь дана.

Из тьмы веков на мировом погосте

Звучат лишь письма».

Письменные источники – вот то, что действительно может поведать о прошлом!

СТ.СТ.: Минуточку, Варфоломей, я даже не буду спорить с вами сам: вы почитайте, что пишет заочная участница нашего семинара Вера Казачук из Мурманска: самым

древним письменным источникам – всего несколько тысяч лет, а человечество существует на земле – миллионы лет, - значит, по письменным источникам может быть исследована лишь очень небольшая часть истории человечества, а остальное – исключительно по археологическим источникам.

ЧУК: С этим, по-моему, трудно спорить, Варфоломей.

МАЙЯ: А кроме того, ведь письменные источники – зачастую просто необъективны ...

ВАРФ.: Как это, что вы говорите, Майя?!

МАЙЯ: Но это не только моя точка зрения. Наш крупнейший историк и археолог академик Окладников, обсуждая проблемы археологии, в одном из последних сборников «Будущее наука» писал, что летописцы, авторы исторических хроник и древних литературных произведений, показывают, как правило, отдельные эпизоды из жизни знати, активно приукрашивая при этом дела своих владык и не скупясь на черные краски в оценке их противников.

СТ.СТ.: Вы абсолютно правы, Майя, многие специалисты сетуют на то, что ограниченность и субъективность древних письменных документов зачастую просто мешает выяснению подлинной истории прошлого. А вот изучение материальных следов жизнедеятельности людей дает возможность широко и объективно постигать прошлое человечества.

ВАРФ.: Убедили: необходимо изучать материальные следы жизнедеятельности наших предков!

СТ.СТ.: И не спуская рукава изучать, а активно и энергично. Да-да! Время не ждет: оно разрушает материальные свидетельства прошлого ...

КЛАРА: И люди сами невольно этому помогают: повсюду идет строительство, разрабатывают полезные ископаемые. Сколько ценностей можно при этом разрушить?

ВАРФ.: Кому же известно, где именно под землей ценные памятники старины?!

СТ.СТ.: Вот, то-то и оно, что неизвестно. Поэтому и мечтают археологи поскорее учет провести, составить карты, чтобы не лишать себя научных ценностей. Провести раскопки на всей планете, - даже разведочные, - немыслимое дело. Вот мы и ищем способы видеть сквозь землю.

ЧУК: Ну что ж, замечательно: вот мы и подошли вплотную к теме заседания. Но сначала, если позволит Степан Степаныч, я хотел бы предоставить слово нашим слушателям. Как, Степан Степаныч?

СТ.СТ.: Очень хорошо.

ЧУК: Вот еще строки из письма Веры Казачук. Тут определение археологии, как оно дается в Британской энциклопедии ...

ВАРФ.: Надо же, какие у нас эрудированные слушатели!

КЛАРА: Представь себе!

ЧУК: Так. (читает) ...»Археология является или должна являться научно обоснованной отраслью знания, преподаваемой людьми с настоящей научной подготовкой и направленной на определенный предмет, а именно, на вещественные следы

деятельности древнего человека. Она является также и должна являться искусством научного подхода к этим остаткам, искусством выкапывать их из земли, где они были погребены, хранить их и реставрировать»).

СТ.СТ.: Определение интересное и все же, коллеги, мне кажется в будущем археология перестанет быть, как сейчас говорят, «историей, вооруженной лопатой», - по-моему, будущее за раскопками без раскопок!

КЛАРА: Как?! Совсем без раскопок?!

МАЙЯ: А почему бы и нет? Вот палеонтологи уже научились видеть сквозь землю.

КЛАРА: Не может быть! Вы шутите?

МАЙЯ: Нисколько, - вот заметка в газете «За рубежом», номер 48 за прошлый год. Немецкие исследователи получили портреты птеродактилей и других доисторических ящеров, не поднимая их на поверхность земли.

СТ.СТ.: Очень интересно. По-видимому, они работали по методу итальянского археолога Корабелли?

МАЙЯ: (не уверенно) ... Н-не знаю ... По-моему, такая фамилия в газете не упоминается. А что это за метод?

СТ.СТ.: Ну как же ... (оживленно) ... При раскопках этрусских некрополей Корабелли опускал в подземное помещение фотоаппарат через небольшое отверстие, просверленное электробуром. Маленький фотоаппарат со вспышкой. И получал полную картину того, что находится внутри некрополя. Быстро, экономно, безошибочно.

КЛАРА: И без раскопок!

СТ.СТ.: Можно я гляну статью?

МАЙЯ: Пожалуйста ...

ЧУК: Между прочим. Наш слушатель из Волгограда Сережа Демиденко описывает этот метод. И не только этот: Сережа целый научный труд прислал по теме сегодняшнего семинара.

СТ.СТ.: Минуточку, коллеги, минуточку. Палеонтологам, оказывается, помогли рентгеновские лучи. Хороший рентгеновский снимок позволяет увидеть объект во всех деталях абсолютно нетронутым, прямо в породе.

ВАРФ.: Можно я сам гляну статью? У кого она? Степан Степаныч!

СТ.СТ.: Пожалуйста, мне не очень понятно ...

ВАРФ.: (читает, перескакивая с фразы на фразу) ... «... методы отличаются от тех, что применяются в медицине» ... так, чем же? Угу, понятно: очень длинные выдержки, - до пятнадцати часов.

ЧУК: А трубки рентгеновские при этом не перегреваются?

ВАРФ.: Их постоянно охлаждают водой.

ЧУК: Понятно.

МАЙЯ: Особенно интересные снимки получались, когда останки живого существа оказались в сланцевых породах. Там, где сланцы омывались морской водой, - произошло соединение серы с железом и образовались пириты: ионы железа всегда есть в морской воде, а сера ... образовалась при распаде белка, - ведь атомы серы входят в состав живого белка ... Понимаете? А пириты очень плохо пропускают рентгеновские лучи ...

ВАРФ.: Вот и выходит, что с помощью рентгеновских лучей можно увидеть остатки белковых тканей.

МАЙЯ: Совершенно верно! Причем, самые мельчайшие остатки! Те, которые при раскопках наверняка будут разрушены!

КЛАРА: Невероятно: прямо под землей сфотографировать доисторическое существо. Не скелет, - а целое существо!

ВАРФ.: Нет, что-то здесь не так ... вот только не пойму, что именно. М-м...да, а не кажется ли вам, что после того, как живое существо оказалось под слоем породы, оно должно было потерять форму: как-то сжаться, сплющиться ... ?

МАЙЯ: Так и бывает: животное сжимается примерно до одной пятой своего объема ... Но вот в статье написано, что и эту трудность удастся преодолеть. Специальная техника съемки: стереоскопическая под разными углами, - позволяет восстановить первоначальный вид животного.

СТ.СТ.: Нет, до такой степени «видеть сквозь землю» археологи еще не научились. Основным методом полевого изучения археологических памятников были и остаются раскопки. Единственное, что уже реально удается делать – это до раскопок получать хоть какое-то представление о том, где именно залегают древние постройки, где крупные скопления керамики – битой или целой¹ посуды, а где – пустая порода.

ВАРФ.: Но уже это одно должно экономить массу сил и средств! А какие именно методы здесь применяют?

СТ.СТ.: Очень многие. О некоторых из них рассказывают наши слушатели.

ЧУК: Я перед началом семинара с удовольствием прочел письмо Сережи Демиденко. Вот послушайте ... *(шелестит письмом)* ... «Наиболее распространенным способом «видеть сквозь землю» является аэрофотосъемка. На снимках, сделанных с высоты птичьего полета с использованием специальных фильтров и пленки, становятся заметными различия в окраске земли и растений ... там, где под землей находятся остатки древних строений, почва имеет специфическую окраску. Там, где были когда-то рвы и канавы, сохранилась большая влажность и зелень более сочная. Растения над древними постройками имеют более светлую окраску, так как почва здесь содержит меньше питательных веществ. Для земного наблюдателя все эти различия незаметны...

МАЙЯ: А при аэрофотосъемке такие детали удастся различить?

ЧУК: Да. ... *(продолжает читать)* ... «Лучшее время для съемок с 7 до 10 утра или с 5 до 8 вечера. В эти часы лучи солнца падают на землю под небольшим углом и особенности рельефа выявляются более отчетливо».

КЛАРА: Как интересно.

ЧУК: Аэрофотосъемка, - пишет дальше Сережа, - оказала большую помощь археологам Хорезмийской экспедиции ... Сережа называет еще электрические методы разведки, радиолокацию ... рентгеноскопию ... Ну и дальше тут целая тетрадь исписана

интереснейшими фактами и наблюдениями археологов.

МАЙЯ: Молодец. Степан Степанович, нужно как-то премировать самых активных ваших помощников?

СТ.СТ.: Я послал ребятам по почте персональные приглашения послушать сегодняшнее заседание семинара, а кроме того хочу еще выслать им по книжке!

КЛАРА: Прекрасно!

СТ.СТ.: А теперь я расскажу вам об одной экспедиции Ленинградского отделения Института археологии Академии наук. В 1970 году в Западном Крыму начался длительный эксперимент, цель которого была – выработать методику получения наиболее полной информации о погребенном памятнике до его раскопок. Археологи обратились к методам смежных областей науки. И наиболее плодотворным оказалось сотрудничество – с геофизиками. Археологам удалось довольно успешно использовать методы геофизической разведки. В 1970 году в Причерноморье начали комплексный эксперимент по сравнению результатов разных методов «видения сквозь землю».

ЧУК: Ну что же – комплексный подход – характерная черта современной науки ...

СТ.СТ.: Оказалось, что аэрофотосъемка, скажем, особенно хороша при выявлении границ памятника и общих контуров построек. А вот общий характер расположения помещений и внутренних дворов лучше определять путем изучения микрорельефа: очень точной высотной съемкой поверхности. Изучение

травяного покрова позволяет установить места наибольшей концентрации камня и скоплений керамики. Электроразведка – особенно полезна, когда нужно составить подробный план стен нераскопанной части здания. Очень интересные результаты получены с помощью магнитной разведки. Она позволяет обнаружить любые предметы, обладающие остаточной намагниченностью: очаги, печи, керамику, кирпичные стены, различные металлические предметы ... Но в целом наилучший результат дает сочетание разных методов. Результаты эксперимента были опубликованы в журнале «Природа» в 1977 году.

ЧУК: Замечательно. У вас все, Степан Степаныч?

СТ.СТ.: Нет, я приготовил еще один рассказ, об очень интересной экспедиции свердловских археологов. Это уже не эксперимент, а история о том, как геофизические методы позволили археологам решить вековую загадку истории – загадку Невьянской башни.

КЛАРА: Невьянская, Невьянская ... Это, кажется, знаменитая падающая башня на Урале?

ВАРФ.: Точно. Уникальный исторический памятник! До сих пор - загадочный. Ни дата постройки точно не известна, ни назначение ее: колокольня? сторожевая башня? Высота ее – пятьдесят семь с половиной метров, - современный двадцатипятиэтажный дом! – вполне могла служить дозорным пунктом.

МАЙЯ: Может это просто прихоть заводчика Демидова?

КЛАРА: Степан Степаныч, а правда, что в подвалах Невьянской башни тайно чеканили серебряную монету?

МАЙЯ: По-моему, это просто слухи ...

СТ.СТ.: Но вполне правдоподобные. Во всяком случае, в вытяжных трубах башни соскоблили старую сажу и в анализах обнаружили следы серебра. ... А дыма без огня, как известно, не бывает ... Так что, если летел из подвалов дым с серебром, вполне могли в них и печи быть плавильные ...

ЧУК: Простите, Степан Степаныч, вы так уверенно говорите о печах, но насколько мне известно, еще совсем недавно не было уверенности, существовали ли вообще эти подвалы?

СТ.СТ.: Подвалы Невьянской башни, действительно, долго не могли найти, сколько ни копали. Помогли геофизики. В 1977-78 годах экспедиция Свердловского археологического института применила электро- и магниторазведку. Ну, сначала отработали эти методы на известных подвалах, - тут же рядом под старым зданием тоже демидовских времен.

ЧУК: Набрались опыта.

СТ.СТ.: Да, убедились, что аппаратура чувствует, где под землей – пустота, где – кирпичная кладка, и стали проводить тщательные измерения электрического сопротивления почвы. Изучали также особенности магнитных аномалий в районе башни.

КЛАРА: И нашли подвалы?!

СТ.СТ.: И нашли подвалы!

МАЙЯ: Здорово.

СТ.СТ.: Но где нашли: в стороне от башни! Два подвала площадью 4 на 6 метров и 6 на 6 метров, - проход к ним идет из-под крыльца башни. Над подвалами – слой

земли от двух до трех метров. И вот что особенно интересно: приборы показывают, что подвалы почти доверху заполнены водой.

МАЙЯ: Невероятно! Неужели подтвердится легенда? На Урале бытует в разных вариантах легенда о том, что Демидов, опасаясь ревизии, приказал затопить подвалы, где чеканились без царского ведома монеты? Помните, даже в фильме «Петр Первый» есть такой эпизод?

СТ.СТ.: Ну, пока рано об этом говорить. Интересно, что геофизики обнаружили под территорией демидовского завода еще по крайней мере пять групп подвалов, про которые уже и слухов никаких не было и археологам даже не пришлось бы в голову там специально раскопки вести.

ВАРФ.: Спору нет, вести разведку недр, составлять карты подземных сокровищ – дело нужное и важное ... Но! Нельзя забывать и о других проблемах археологии. Мало знать, что где-то под землей интересные вещи, мало откопать их, ... или сфотографировать без раскопок ... Понять смысл обнаруженного – вот проблема, вот задача! Ни для кого ни секрет, что существуют на свете неизвестные ископаемые объекты ... Да-да, для них даже термин придумали «НИО», - почти как НЛО – неопознанные летающие объекты.

КЛАРА: Не понимаю, причем здесь НЛО?

ВАРФ.: НЛО - ни причем, а вот НИО – очень даже причем, Клара! Степан Степаныч, скажите свое веское слово?!

СТ.СТ.: Ну, действительно, науке известны такие объекты.

ВАРФ.: В середине прошлого века около Глазго в куске ископаемого угля обнаружили – железный инструмент – странного вида.

МАЙЯ: Может быть, это просто был обломок инструмента предыдущих добытчиков?

ВАРФ.: Никаких следов бурения в этом районе не нашли! А тем не менее, орудие явно вышло из рук человеческих, и к тому же лежало оно внутри пласта угля, в массе горных пород.

КЛАРА: Ну и что? Я не понимаю: находят ведь насекомых, замурованных в янтаре.

ВАРФ.: Кларочка, насекомое вполне могло попасть в каплю смолы, из которой образовался янтарь. Но уголь образовался на земле задолго до появления на ней человека. Железо, а тем более – железное орудие не могло естественным путем попасть в пласт угля.

ЧУК: Очень похоже, что вся эта история – плод вымысла ловких мистификаторов.

СТ.СТ.: Но подобных историй много. И зачастую это, действительно, явное жульничество. Бывают и ошибки: например, вытянутые кристаллы пирита часто принимают за старые железные гвозди ...

ЧУК: Вот-вот!

СТ.СТ.: Но есть и бесспорно загадочные факты, подтверждаемые серьезными учеными. Нет-нет, да и находят внутри ненарушенных пластов пород предметы явно искусственного происхождения. Причем, породы эти – древние, образовавшиеся задолго до появления на земле человека. Например, еще в 1844 году очень серьезный английский ученый сообщил о том, что в

одном из карьеров в куске твердого песчаника нашли ... стальной гвоздь.

ВАРФ.: Но ведь существует гипотеза, что когда-то давно на земле уже существовала технически развитая древняя цивилизация ...

МАЙЯ: Это абсолютно невероятно! Это противоречит всем данным современной науки! Развитие человечества – естественный результат эволюции и мы, уходя в глубь веков, находим следы жизни и деятельности все более и более примитивных существ – наших предков.

КЛАРА: Ну, значит – эти искусственные предметы когда-то миллиарды лет назад по рассеянности забыли на земле инопланетяне!

СТ.СТ.: Сомнительно. Уж очень обычный состав у этих неизвестных ископаемых объектов: сталь, железо, серебро ...

КЛАРА: Вот и прекрасно! Значит, развитие цивилизации у инопланетян шло теми же путями, что и у нас, только они раньше все это успели!

ВАРФ.: Положим. Но если бы они развивались так же, как и мы, то в эпоху межзвездных полетов они бы использовали не железо и сталь, а титан, синтетику, специальные сплавы!

СТ.СТ.: Не стоит спорить по этому поводу: я полностью согласен с Варфоломеем, что материальные остатки деятельности человека даже после того, как их извлекли из земли, продолжают подчас таить в себе массу загадок. Но тем более ясно, что надо искать – искать и находить, копить такие находки ..., - чем больше их

окажется в руках человека, тем больше надежд на разгадку многовековых тайн.

ЧУК: Ну что же, думаю, что обсуждение сегодняшней темы было полезным ...

КЛАРА: И интересным !

ЧУК: ... и интересным, и для всех нас , и для наших слушателей – заочных участников Семинара Нерешенных Проблем ... Ребята, конечно, интересуются историей и археологией, - об этом говорит наша почта.

КЛАРА: Особенно интересует ребят Атлантида ... Где находился этот загадочный материк или остров? Когда и почему исчез с лица земли?

СТ.СТ.: Таинственных исчезновений с лица земли в истории было гораздо больше, чем мы думаем ... Говорят ли вам о чем-нибудь такие названия: Пацифида? Полинезида? Дарвинида? Тасманида?

МАЙЯ: Пацифида – материк, некогда возможно существовавший в Тихом океане и служивший как бы мостом между Америкой и Австралией. Эта гипотеза помогает объяснить, почему сумчатые животные встречаются только в Австралии и Южной Америке ... и некоторые другие факты ...

ЧУК: Минуточку, вопрос о Пацифиде мы однажды обсуждали на нашем семинаре, а вот, что такое, Степан Степаныч, - Полинезида, Микронезида, Дарвинида?

СТ.СТ.: Все эти названия придуманы для существовавших когда-то материков или, скорее, архипелагов, населенной людьми с высокоразвитой

культурой ... Остатки этой культуры мы встречаем на некоторых океанских островах в виде диковинных сооружений или скульптур, загадочных надписей на неизвестных современной науке языках ... Предполагается, что некоторые древние очаги культуры, как и легендарная Атлантида, стали жертвами океанических катастроф – отголоски этих катастроф звучат в мифах и преданиях жителей Полинезии, Микронезии, Гавайских островов, северных океанических народов ...

ЧУК: А сколько древних городов погубило море? Фанагория, Ольвия, Херсонес, Диоскурия ... Возьмите Диоскурию: две тысячи лет назад греческие купцы основали колонию на восточном берегу Черного моря – богатейший город ... и вдруг – какое-то стихийное бедствие, катастрофа и город пустеет. Строится на его месте крепость – Севастополис – проходит время и он тоже становится жертвой катастрофы и даже следы его полностью теряются ... Пока абхазские археологи не нашли на дне Сухумской бухты развалины античного города, судьбы Диоскурии и Севастополиса были полной загадкой. Только сейчас нашли правдоподобное объяснение их исчезновения: море, оползни.

ВАРФ.: Может быть, и хазары исчезли с лица земли по вине моря? Это вам не Атлантида. Все знают наизусть строки о том, как вещий Олег собирался отмстить неразумным хазарам. Этот народ упоминается почти во всех европейских и азиатских хрониках десятого-одиннадцатого веков. Но вот где была страна Хазария?

Как жили хазары? Почему от них никаких следов не осталось? Загадка! До сих пор загадка!

СТ.СТ.: Да, это действительно – одна из нерешенных проблем археологии, и мне очень приятно, что о ней, - наряду с другими проблемами, - упоминает наш слушатель Валерий Смирнов из Борисоглебска. Валерий прислал интересное письмо. В нем есть и карта с предполагаемыми местами существования легендарной Атлантиды ... Вот, взгляните ...

КЛАРА: На карте отмечены Санторин и Крит, - мы об этих гипотезах как-то говорили, да, Степан Степаныч?

СТ.СТ.: Да.

КЛАРА: А вот указаны еще места в Арктике, Индийском океане ... в Гвинейском заливе!

ЧУК: Что-то я таких гипотез не знаю?

СТ.СТ.: Попросим Валерия написать о них ... А может и другие ребята о них слышали?

КЛАРА: Проведем конкурс гипотез о местонахождении Атлантиды!

ЧУК: Думаю, что ребятам это понравится, давайте проведем.

СТ.СТ.: Дорогие заочные участники! Ждем ваших писем на конкурс гипотез об Атлантиде.

МАЙЯ: И не забудьте написать, кому по какой теме выслать индивидуальное задание на будущий год!

ЧУК: Адрес не забыли, ребята? 113326. Москва. Радио. Детская редакция. Мне – профессору Чуку. До свидания! До новых встреч в эфире!

(песня)

В ГОСТЯХ У ПРОФЕССОРА ЗДАНОВИЧА - летом 2009 года



Генадий Борисович Зданович:

Родился в [1938 году](#) в г. [Махачкала Дагестанской АССР](#). В [1966 году](#) окончил исторический факультет [Уральского госуниверситета](#) в г. [Свердловске](#) (сейчас [Екатеринбург](#)) по специальности «археология». До 1972 года работал преподавателем в Петропавловском пединституте, в 1972-1976 годах старший преподаватель в [Карагандинском университете](#). С 1967 руководитель Северо-Казахстанской, затем Урало-Казахстанской археологической экспедиции. В 1976 защитил кандидатскую диссертацию. С 1976 года старший преподаватель, позднее зав. кафедрой археологии, этнографии и социоестественной истории [Челябинского госуниверситета](#). В 2002 году защитил докторскую диссертацию. Специалист по бронзовому веку степей и лесостепей Евразии. Занимается практической работой в области охраны культурного наследия и музеефикации памятников археологии. В [1991 году](#) по его инициативе создан первый в Уральском регионе природно-ландшафтный и историко-культурный музей-заповедник «[Аркаим](#)».

Современные школьники легко могут найти в сети Интернет информацию об Аркаиме. Это [археологический памятник](#), который представляет собой укрепленное поселение [эпохи бронзы](#) (начало II тыс. до н.э) в степном Зауралье, на юге [Челябинской](#) области. Назван памятник по одноименной горе вблизи, а открыт он в 1987 г. Урало-Казахстанской археологической экспедицией Челябинского университета под руководством **Геннадия Борисовича Здановича** на территории, предполагавшейся под затопление Караганским водохранилищем. После начала исследований строительство водохранилища прекращено, в первую очередь благодаря усилиям коллектива

археологов и поддержавших их академиков Б.Б. Пиотровского и Г.А. Месяца. Памятник Аркаим входит в круг выдающихся объектов мировой культуры. Ученые соотносят его с индоиранским племенем ариев, создателей древнейших текстов «Авесты» и «Ригведы». Открытие на Южном Урале укрепленных поселений и некрополей начала второго тысячелетия до н. э. сегодня повсеместно признано одним из важнейших археологических событий конца XX века. На сегодняшний день исследования ведутся [Институтом археологии УрО РАН](#), институтами и университетами Челябинской, Свердловской, Оренбургской областей, а также специалистами из США, Англии, Японии, Германии, Казахстана и Украины.

Геннадий Борисович Зданович познакомился с обсуждением проблем археологии на Семинаре профессора Чука в 1982 году (пьеса «**Видят ли археологи сквозь землю?**») и дал интервью журналистке **Кларе** и биологу **Майе**.

КЛАРА: Геннадий Борисович! Насколько я знаю, открытию Аркаима мы по существу обязаны методу аэрофотосъемки?

Г.Б.: Да, полномасштабная история открытия эпохи средней бронзы Зауралья – Аркаима и «Страны городов» действительно обязана аэрофотосъемке. Сам Аркаим как круглоплановая крепость был осознан после того, как археологи сделали снимок с воздуха – с самолета сельхозавиации. Интересно, что впервые Аркаим и его округа были сфотографированы с воздуха еще в 1956 г. Тогда велось сплошное фотографирование местности для нужд картографии, но эти снимки оставались строго секретными почти до конца 80-х годов прошлого века. Археологов к подобным фотоархивам не допускали! Сегодня благодаря дешифровкам аэрофото разных лет на Южном Урале открыта целая страна укрепленных поселений-храмов рубежа III-II тыс. до нашей эры.

К этим поселениям можно с уверенностью применять такие термины, как «ранняя государственность», «протоцивилизация», «протогород». Археологическая страна Синташты и Аркаима протянулась вдоль восточных склонов Урала с севера на юг почти на 400 км.

МАЙЯ: Какие итоги можно подвести сейчас? Какие проблемы решены, какие – нет? Быть может само открытие породило новые проблемы, о которых до него и представлений не было?

Г.Б. : Масштабы и уровень находок беспрецедентны для Северной Евразии, что порождает значительное число версий по всем аспектам их интерпретации. Требуется уточнения хронологическая шкала (сейчас ясно лишь, что существует тенденция к удревнению возраста памятников), остаются нерешенными вопросы торговых связей, не существует социологической теории, которая позволила бы описать общественную структуру поселений, необходимы сравнительные исследования с ближневосточными и балканскими находками, в которых прослеживаются аналоги архитектурных решений Аркаима и Синташты. Масштаб и сложность задач требует комплексного подхода к организации исследований, развития самих технологий исследования. Большая часть этих проблем не может быть решена вне интеграции работы археологов с металлургами, физиками, геологами, биологами. Требуются развитые методы неразрушающих (геофизических) исследований, которые позволили бы не форсировать раскопку памятников, оставить часть их в нетронутым виде будущим поколениям.

МАЙЯ: Геннадий Борисович, как используются новые методы, которые позволяют производить раскопки без раскопок, в исследованиях на Аркаиме?

Г.Б.: В нашем научном центре «Аркаим» (Челябинский госуниверситет и Историко-культурный заповедник «Аркаим») есть лаборатория дистанционных методов археологических исследований. Руководитель лаборатории – И.М. Батанина.

Именно научная группа И.М. Батаниной и Н.В. Левит впервые в отечественной археологии разработала метод дешифрирования аэрофотоснимков применительно к условиям степи и лесостепи для сплошного археологического изучения больших площадей. С 1987 г. в результате этих исследований на территории Зауральской степи было обнаружено более двадцати укрепленных поселений синташтинско-аркаимского типа (т.н. «Страна городов»), изучены особенности архитектуры поселений и антропогенного использования их окрестностей. Всего в результате работ этой лаборатории на территории степных районов Челябинской области было обнаружено более тысячи новых археологических памятников.

С начала 1990-х гг. научным коллективом лаборатории выполняется программа создания археологического атласа Челябинской области. В 2003 г. издан первый выпуск атласа, посвященный Кизильскому району. В настоящее время готовятся к печати выпуски атласа по Брединскому и Нагайбакскому районам, завершается сбор и анализ материала по Карталинскому и Варненскому районам.

Еще одно важное направление работ лаборатории - изучение культурного слоя и архитектуры археологических памятников геофизическими методами. Наиболее значимые результаты по этому направлению были получены при изучении укрепленного поселения Аркаим, они позволили достаточно подробно представить архитектуру всей нераскопанной части памятника. В настоящее время геофизические исследования осуществляются в сотрудничестве с геологом Б.Н.Пунеговым и специалистом в области компьютерных технологий Кочневым В.А. Коллектив лаборатории постоянно работает над совершенствованием комплекса методов дистанционного изучения археологических памятников, его развития на базе современного оборудования. В результате работ 2008 г. выполнено сплошное

археологическое обследование долин рек Акмулла, Яндырка, Карагайлы-Аят, включая долины мелких притоков и водоразделы, на площади 2,5 тыс. кв. км. на территории Карталинского района. Нанесено на карту 130 памятников, в том числе 70 памятников открыто вновь.

МАЙЯ: Спасибо! Эти материалы представлены в сети Интернет на сайте Аркаим-центра. Вообще, по представительству в Интернете, Аркаиму могут позавидовать многие научные исследования.

Г.Б. : Думаю, дело не только в научном интересе, но скорее – в общекультурном значении открытия этого памятника. находка археологов сразу же привлекла внимание жителей Уральского региона: они проявили глубокий интерес к истории своего края, к умению древних так вести свое хозяйство, чтобы и города процветали, и народы жили в мире, и природа не нарушалась. Все поселения Страны городов отличает удивительная чистота, органичное слитие с окружающим пейзажем, экологическое звучание каждой детали жилища, укрепления, особенностей в древних технологиях природопользования...

КЛАРА: Вы хотите сказать, что четыре тысячи лет назад люди заботились о сохранности природы?

Г.Б. : Именно так. Природопользование (особенно землепользование) было экологически сбалансированным и, одновременно, экономически целесообразным. Нам, к сожалению, очень много надо времени для осознания, например, такой мудрости древних: *«Прежде чем помыть руки – подумай о чистоте воды»*.

МАЙЯ: Геннадий Борисович, вы, ведь, совместно с архитектором В.Н.Фуксманом и биологом Л.Л.Гайдученко представляли материалы об Аркаиме в 1992 году в Рио-де-Жанейро на Международном экологическом Форуме?

Г.Б. : Да, и получили сертификат этого Форума на обустройство Аркаима как памятника мирового значения. В [1991](#) г. решением Совета Министров [РСФСР](#) на территории Аркаимской долины создан [заповедник](#), являющийся в настоящее время филиалом Ильменского государственного заповедника Уральского отделения РАН. В [1994](#) г. Администрацией [Челябинской области](#) для охраны и исследования Аркаима и других памятников "Страны городов" создан Специализированный природно-ландшафтный и историко-археологический центр "Аркаим". В настоящее время у границ заповедника действует научная база и крупный музейный комплекс, который посещает свыше 40 тыс. человек в год. В мае [2005](#) г. Аркаим посетил Президент [России В.В. Путин](#). Перед этим почти целый день провел у нас Д.А.Медведев. Он тогда был Главой администрации Президента РФ. С начала организации Центра я был много лет его генеральным директором, но сейчас я стараюсь избегать административных нагрузок и большую часть времени посвящаю науке.

КЛАРА: Трудно вас представить без практической деятельности. Говорят, вы всегда спешили свои научные открытия и идеи отразить в лекциях и спецкурсах, или в экспозициях музея, или в организационной структуре заповедника...

Г.Б.: Наверное, вы правы. Мои друзья любят говорить, что я в одну ложку пытаюсь поймать слишком много горошка. Это мое достоинство и, одновременно, очень большой недостаток. Но если серьезно, то меня очень интригует проблема происхождения культуры типа Синташта–Аркаим. В ней сконцентрирована вся история Степи. Механизм формирования культуры остается загадкой для науки. В частности, мне бы хотелось рассмотреть возникновение феномена средней бронзы Зауралья через идеи Ю.М.Лотмана, которые отражены в его работе «Культура и взрыв». Очень важно увидеть не только культурологическую, но и

природную составляющую этого взрыва. Здесь мы уже выходим на проблемы экологии древних обществ. А они так созвучны с современным миром.

МАЙЯ: Я помню, что в начале 90-х годов прошлого века Минприроды России поддержало ваши разработки летних экологических практик для студентов и школьников в рамках «экологического полигона» на Аркаиме? Что изменилось с тех пор? Удалось ли реализовать идею создания на базе Аркаима – Свободного Университета Евразийских степей?

Г.Б.: Увы... Увы... Конец 80-х – начало 90-х были годами великих надежд. Казалось, что новая Россия возьмет в свое будущее только самое лучшее. Но, думаю, что «Свободный университет» нам не только снился. Мы всегда работали на него. Целый ряд лет на Аркаиме проходили полевые семинары по методике археологических исследований, которые собирали студентов из многих вузов России, Белоруссии, Казахстана; здесь проходили практику студенты МГУ, ЛГУ, из Соединенных Штатов и Канады. За короткий срок Аркаимская долина стала одной из наиболее изученных территорий России в природоведческом плане. Здесь проходили яркие международные совещания по истории древних цивилизаций...

Идея «Свободного университета Евразийских степей» в чем-то фантастична, но она жива. Ее полноценная реализация нуждается в глубоком осознании единства человека и природы широким кругом и творческих людей, и людей с государственным мышлением.

Аркаим предоставляет разнообразные материалы, раскрывающие глубокие ценностные характеристики общероссийского природного ландшафта и вписанное в него тысячелетнее пространство истории его народов.

КЛАРА: Ряд лингвистов и археологов считают возможным сопоставить население Аркаима с древними [ариями](#) (арьями),

создателями [Ригведы](#) и [Авесты](#). В Интернете вокруг происхождения общества людей, населявших Аркаим в те стародавние времена, - особенно много споров. Были ли они и вправду ариями? Как вы относитесь к этой гипотезе сейчас?

Г.Б.: На северо-востоке индоевропейского мира существовали племена, называвшие себя ариями, «благородными». Позже они пришли в Иран — «Иран» и означает «страна арийцев» — и в Индию и принесли туда древнейшие религиозные тексты: Ригведу и Авесту. Записаны они были гораздо позже, а первоначально в точности передавались из уст в уста — это была бесписьменная культура. Тексты, попавшие в европейский мир через Ост-Индийскую компанию, в XIX веке потрясли Европу: все были шокированы глубиной их философского содержания.

КЛАРА: Выходит, «истинные арийцы» жили именно на нашей территории?

Г.Б.: Мы, работающие в Аркаиме археологи, глубоко убеждены, что жители Страны городов — это и были арии до разделения их на две группы, одна из которых пришла в Индию, а другая несколько позже — в Иран. Но убеждение — это одно, а система научных доказательств — другое. Пока это гипотеза. Мы делаем многое, чтобы привлечь к ее разработке языковедов, культурологов, историков религии.

МАЙЯ: Может быть, в решении этой проблемы историкам могут помочь биологи? В 21 веке широко используется метод ДНК-генеалогии для установления родства населения из разных уголков планеты. На основе этих данных составляют карты и схемы предполагаемых путей миграции разных групп людей в те времена, от которых не сохранилось письменных свидетельств. Например, в сети Интернет А. Клесов представил материал по ДНК-генеалогии, из которого следует, что члены некоего генетического рода, названного *R1a1*, которые жили на Балканах 12 тысяч лет назад, через двести с лишним поколений вышли на

восточно-европейскую равнину. Здесь они положили начало 4500 лет назад предкам современных русских и украинцев рода **R1a1**, к которому в настоящее время принадлежат более половины русских и украинцев. Еще через пятьсот лет, 4000 лет назад представители рода **R1a1** вышли на южный Урал, еще через четыреста лет отправились в Индию, где сейчас живут примерно 100 миллионов их потомков, членов того же рода **R1a1: рода ариев**. Ариев, потому что они себя так называли, и это зафиксировано в древних индийских ведах и иранских сказаниях. Они же - потомки праславян или их ближайших родственников. Никакой «ассимиляции» гаплогруппы R1a1 не было и нет, да и гаплотипы почти те же, легко выявляются. Идентичны славянским. Еще одна волна ариев, с теми же гаплотипами, отправилась из Средней Азии в Восточный Иран, тоже в 3-м тысячелетии до нашей эры, и стали иранскими ариями. Наконец, еще одна волна представителей рода R1a1 отправилась на юг и достигла Аравийского полуострова, Оманского залива, где сейчас находятся Катар, Кувейт, Объединенные Арабские Эмираты, и тамошние арабы, получив результаты тестирования ДНК, с изумлением смотрят на сертификат тестирования с гаплотипом и гаплогруппой **R1a1**: арийской, праславянской, «индоевропейской» - назовите, как хотите, но суть та же. Проведены расчеты, которые показывают, что времена этих походов в Аравию – 4 тысячи лет назад.

Г.Б.: Я археолог. У меня свой набор методов исследования, и мне трудно судить, насколько сегодня совершенны методики по ДНК-генеалогии. Я слушал ряд докладов на эту тему в Кембридже и думаю, что у ДНК-генеалогии применительно к археологии большое будущее, но ... будущее.

КЛАРА : А не мешает исследователям Аркаима – повышенный интерес к нему общественности? После визита на Аркаим Тамары Глобы в 1991 г. среди представителей новых религиозных

движений широко распространились представления об особой сакральной значимости Аркаима и природных объектов Аркаимской долины, многие из которых стали объектами современного паломничества.

Г.Б. :... С самого начала открытия протогородской цивилизации на Южном Урале Аркаим стал привлекать к себе многочисленные политические партии и национальные движения. Изданы учебники и академические труды, где Аркаим рассматривается как памятник ранних казахов (Алма-Ата) или протобашкир (Уфа). В энциклопедии Башкортостана (1996 г.) отмечено, что Аркаим расположен на «исторической территории Башкортостана». Между тем Аркаим — одна из важнейших точек отсчета для формирования общенациональной (межнациональной) идеи России. Хорошо известно, что каждый народ, каждое государство ищет свой идеологический стержень в глубинных слоях культуры.

1. Территориальная (евразийская) и этнокультурная составляющие. Аркаим представляет одну из древних прародин индоевропейцев, расположенную в центре евразийского материка. Потомки аркаимского населения — племена алакульской и срубной культур — заняли позднее огромные просторы степей — лесостепей от Украины до северо-западного Китая. Этот мощный и очень древний индоевропейский (индоиранский) пласт сыграл большое значение в формировании современных славянских, тюркских и угорских народов. Это то объединяющее начало, которое своей древностью и бесспорностью роднит почти все население современной России.

2. Духовная (религиозная) составляющая аркаимской эпохи — зороастризм в его ранней форме. Это — яркое объединяющее звено для всех вероисповеданий. Зороастризм по праву признается основным источником современных мировых религий: христианства, ислама, буддизма.

3. Социальная составляющая. Аркаим отражает самую древнюю форму государственности на территории России. Эта форма претендует на альтернативные пути к цивилизации и, вероятно, заставит нас активизировать поиски альтернативных путей современного государственного устройства и мироустройства (на уровне «Аркаима» экономика носит «обустроивающий общество» характер, которая отрицает агрессивную экономику индивидуального обогащения).

4. Экологическая составляющая. Аркаим как этнокультурное образование сложился в условиях крайне неблагоприятного (сухого) климата. Существование людей требовало активного вмешательства в природную среду: подведения каналов, создания оросительных систем, водопроводов, рытья колодцев и т.д. С другой стороны, климатические условия диктовали предельное внимание к природе: «Прежде чем помыть грязную вещь в воде, подумай о чистоте воды...» (Авеста, Гаты). География «Страны городов», внутренние коммуникации укрепленных центров, ливневая канализация, очистные сооружения, сама архитектура — отражает высокую степень корректного взаимодействия аркаимского человека с природной средой. «Ригведа» и «Авеста», древнейшие пласты которых создавались в Южном Зауралье в аркаимское время, считаются специалистами древнейшими памятниками экологической литературы.

5. Геополитическая составляющая. Аркаим и «Страна городов», как яркие археологические памятники древнейшей прародины индоевропейской цивилизации, всегда будут вызывать признание и уважение народов России и народов других регионов мира, подобно тому, как пирамиды ассоциируются с Египтом, Стоунхендж — с Англией, Махенджо-Даро — с Индией. Южное Зауралье — это прямая прародина современных народов Индии, Ирана, Таджикистана, ряда народов Кавказа. Очевидно, что геополитическая составляющая будет способствовать (и уже

способствует) научным, культурным, экономическим связям России со странами Европы, Азии, Америки.

КЛАРА : Геннадий Борисович, вы недавно давали интервью «Русскому репортеру»: оно представлено в сети Интернет по адресу http://www.rusrep.ru/2008/40/ga_zdanovich/. В том числе вы отвечали и на вопрос, почему такой ажиотаж вокруг гипотезы о том, что в южно-уральских степях в незапамятные времена жили арии?

Г.Б.: Ужасно, что слово «арийцы» использовали фашисты, и в науке его до сих пор произносить опасно. Мы должны реабилитировать это слово. Арии были достойными людьми, которые оставили после себя колоссальное духовное наследие. Но Европа до сих пор их боится, боится свастики.

МАЙЯ: А в материалах ваших раскопок есть свастика?

Г.Б.: Свастика - древнейший символ мироздания, движения Солнца. Он присутствовал очень во многих культурах — на коврах народов Средней Азии, на полотенцах славян, даже в Мезоамерике. В «Стране городов» свастика встречается всюду — она выложена камнями в могильных ямах, нарисована на керамических горшках.

МАЙЯ: Геннадий Борисович! А что можно сказать о взаимоотношениях населения Стране городов? Насколько едины были арии?

Г.Б.: Разные племена находились в постоянном контакте. Вспомним греков. Почему они дали миру такую необузданную мифологию, фантазию и, в конце концов, науку? Они были разорваны на полисы, города-государства, но философы ходили друг к другу в гости, поэты собирались на состязания, устраивались Олимпийские игры. Это было особое информационное пространство.

КЛАРА : Эх... жаль наш Степан Степаныч этого не слышит...

Г.Б.: В Стране городов на территории где-то в 400 квадратных километров было около 20 самостоятельных укрепленных поселений. Между ними были дороги, а значит – и контакты!

КЛАРА : И они все мирно дружили?

Г.Б.: Трудно сказать. Чтобы попасть в город, нужно было преодолеть лабиринт, и вообще, судя по архитектурным сооружениям, оборона здесь была сумасшедшая, сверхоборона по тем временам.

МАЙЯ: А от кого они так оборонялись, известно?

Г.Б.: Пока не ясно: может быть, так, на всякий случай. Мы, например, с какой стати боимся Соединенных Штатов? Человек в этом смысле создание дурное... Это мы называем себя разумными, но в конечном итоге мы иррациональны. Все эти наши избирательные кампании, реклама...

МАЙЯ: Да, посмотреть со стороны на нашу жизнь — это не жизнь Человека Разумного.

Г.Б.: Да просто – жизнь дураков! А в мире древних ариев нас, археологов, поражает именно духовная сторона, которая во многом подчиняет себе материальную. У крепостей гениальная планировка вложенных друг в друга кругов и квадратов, как модель Вселенной. В Индии это стало называться мандалой. Удивительно продуманный быт: теплые полы, ямы-холодильники, металлургия, водопровод — все это тесно связано с духовным измерением.

МАЙЯ: А разве не может даже самое сложное сооружение быть просто инженерной находкой? Почему вы думаете, что это для них имело духовный смысл?

Г.Б.: Конечно, понять мышление древних — невероятно сложно. Но это крайне важно! При раскопках мы постоянно сталкиваемся с их мировоззрением и видим, что многие вещи не случайны. Конечно, круг стен важен для обороны, но ведь он был и особым образом освящен — в основании следы жертвоприношений или

захоронения детей. О том, что мы чувствуем и понимаем, когда копаем, трудно рассказывать, тут нужен хороший литератор. В полевой сезон мы находим несколько тысяч предметов. Каждый нужно обработать, описать, сделать спектральный анализ, связать с хронологией, возможно, сделать радиоуглеродный анализ.

МАЙЯ: Не бойтесь дать лишнюю волю своему воображению, реконструируя мировоззрение древних?

Г.Б.: До тех пор, пока я не столкнулся с Аркаимом, мне казалось, что вся эта индоевропейская мифология — заумь нашего времени, а древний человек простой и примитивный. Сейчас я понимаю, что он с самого начала жил богатой символической и духовной жизнью и первобытные мыслители были не менее разумны, чем современные.

КЛАРА : Геннадий Борисович! Говорят, Шлиману помогла Илиада. А вам помогают тексты Ригведы и Авесты?

Г.Б.: Мы хоть и археологи, но работаем и с текстами, которые, вроде бы, не имеют прямого отношения к проведению раскопок. Например, на Аркаиме в каждом жилище — колодец. Сотрудники Института минералогии обнаружили в каждом колодце следы металлургического производства, медную пыль. Ну не специально же туда это сбрасывали! И вот однажды я вижу, что сохранилась дырка из колодца в печь: они были построены как единый комплекс. А в Ригведе и других мифологических источниках Агни, бог огня, рождается из темной, таинственной воды. Это противоречие было совершенно непонятно филологам и историкам мифов, изучавшим эти тексты, — ведь это абсурд! Я ошалело смотрел на этот колодец, и мы решили, во что бы то ни стало докопать до дна: обычно до дна не доходим — глубоко. На дне лежали черепа животных, обожженные кости — они явно были положены туда специально. Мы построили на этом месте такую же печку, привезли руду и впервые в мире получили медь из руды в древней печи. Выплавка меди из руды — очень

сложный процесс, но его удалось осуществить благодаря сильной тяге, возникающей из-за разницы температур в колодце и в печи. Смотрите, какая логика: расплавить руду может только бог огня, который рождается из темной воды, из колодца. Вообще, мы еще многого не знаем. 20 лет исследований — это совсем немного.

КЛАРА : Немного?!

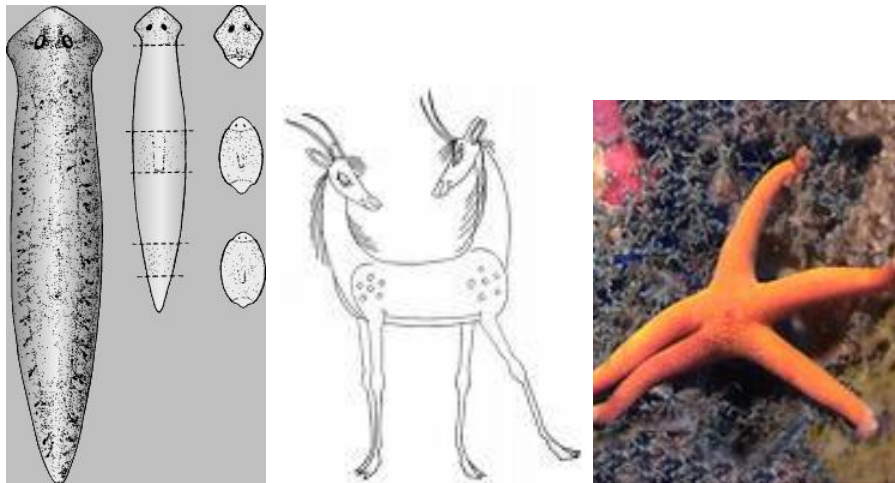
Г.Б.: Люди здесь живут уже 100 тысяч лет, а мы их изучаем - 20 лет. Изучаем примитивно, без денег, со студентами-энтузиастами. Археология — наука очень молодая, о величайших цивилизациях, таких как шумеры, мы узнали совсем недавно.

МАЙЯ: Как вы считаете, насколько важны эти знания для школьников, которые вступают в жизнь сейчас, в начале XXI века?

Г.Б.: Археология — это история, и она должна быть достоянием людей от рождения. Единственное отличие человека от барана, от коровы — этих замечательных созданий природы — в том, что Человек имеет историю...



ГДЕ БЫТЬ ГОЛОВЕ?



В ГОСТЯХ У ПРОФЕССОРА ЧУКА- в мае 1984 года

Заседание 66-е:
«Где быть голове?»

ВЕДУЩИЙ: В эфире научно-популярная программа для школьников – Семинар нерешенных проблем!

(Песня)... (Затихает песня: предсеминарский шумок)...

СТ.СТ.: Кто у нас сегодня основной докладчик?

КЛАРА: Видимо, Майя: тема-то биологическая...

СТ.СТ.: Ах, биологическая! А я почему-то решил, что Варфоломей расскажет о проблемах, которые решают конструкторы роботов ... У кого еще могут возникнуть сомнения в вопросе, где быть голове, кроме конструкторов робототехники? Конечно, скульпторы и художники абстрактного направления помещают головы своих творений не на плечах, как полагается, а где-то ...

КЛАРА: Ой, Степан Степаныч, да вы просто чудак ... Детям в конце прошлого заседания специально вопросы задавали: у каких животных нет головы? ... зачем голова животным, у которых она есть? ... Ясно, что тема биологическая ...

СТ.СТ.: Странно, странно ...

ЧУК: Прошу прощения! Все в сборе? Прекрасно. Итак, тема – где быть голове. Докладчик – Майя ...

СТ.СТ.: Вы правы, Клара ...

ЧУК: Внимание. Прошу вас, Майя ...

МАЙЯ: Вы знаете, когда я готовилась к семинару и пробовала обсуждать материалы предстоящего доклада с друзьями, то выяснилось, что никто из моих знакомых, взрослых людей, специалистов в разных областях науки и техники, не может четко определить, что такое голова! ... *(гур-гурчик)* ...

ВАРФ.: *(с сомнением)* Не может быть, Майя. По-моему очевидно, что голова у животного – центр управления всей его деятельностью ... Конечно, мозг у разных животных отличается своей организацией: есть совсем примитивные, а есть и очень сложные ... Но любой мозг – в голове! Какие могут быть сомнения?

МАЙЯ: Ах, так у вас, Варфоломей, нет сомнений?

ВАРФ.: Нет!

МАЙЯ: Сейчас будут ... *(легкое оживление)* ... Сейчас я вам покажу несколько фотографий ... *(шуршит фотографиями)* ... Это животное вам знакомо?

ВАРФ.: Улитка...

МАЙЯ: Голова у нее есть?

ВАРФ.: Конечно, есть! Вот она сама наполовину вылезла из раковины, а вот голова: впереди, с рожками ...

МАЙЯ: А это кто? И где у него голова?

ВАРФ.: Не знаю ... Видимо, какой-то гигантский ящер. Может быть ископаемый ... Голова, конечно, вот – с глазами, зубами ...

МАЙЯ: А это?

ВАРФ.: Это – осьминог ... или спрут, как правильно?

МАЙЯ: Не важно, главное – это представитель головоногих моллюсков. А где у него голова?

СТ.СТ.: Я бы, пожалуй, затруднился найти у него не голову, а туловище: у него везде голова: глаза – выше шупалец, рот с клювом – ниже ...

МАЙЯ: Простите, Степан Степанович, я должна еще кое-что уточнить на этих фотографиях специально для уважаемого Варфоломея.

ВАРФ.: Я вас слушаю, Майя.

МАЙЯ: Мозг улитки сосредоточен главным образом в шейном отделе ...

ВАРФ.: Где-где?

МАЙЯ: Вот здесь, в шейном, гораздо ниже того, что вы назвали головой ...

ВАРФ.: Ну, это почти рядом с головой ...

КЛАРА: Конечно ...

МАЙЯ: Ископаемого ящера, которого я вам показала, зовут – диплодок ...

СТ.СТ.: Двудум, значит ...

МАЙЯ: Да, и главная масса его мозга была сосредоточена вот здесь – в поясничном отделе туловища ...

ВАРФ.: Ну, знаете, откуда известно, что это был, действительно, мозг?

МАЙЯ: И голова осьминога вас не смущает?!

ВАРФ.: Осьминог – смущает, но впрочем, это лишь доказывает, как важна голова – от туловища может животное отказаться, а от головы – разве только самое примитивное ...

ЧУК: Губка, какая-нибудь, например ...

ВАРФ.: Да!

КЛАРА: А вот некоторые из наших слушателей написали, что у кита и дельфина нет головы, это ошибка?

МАЙЯ: Ошибка. Головы нет у морского ежа, у морской звезды ...

СТ.СТ.: Вам не кажется это странным, Варфоломей? Неужели этим животным не нужен центр управления? Скажем, как морская звезда управляет своими конечностями?

ВАРФ.: Нет, мозг, я уверен, должен быть! Видимо придется согласиться с Майей, что место для мозга – не обязательно голова ...

МАЙЯ: Хотите еще поудивляться?

КЛАРА: Хотим! Конечно, хотим!

ЧУК: С удовольствием ...

МАЙЯ: Вот этот объект кому-либо из присутствующих знаком?

ЧУК: По-моему, это планария ... Я видел ее в какой-то книжке ... Про память ...

МАЙЯ: Это один из самых знаменитых в биологии объектов. Плоский червь – планария. Довольно примитивный организм, но он двигается, обучается, запоминает ... И есть у него еще одно замечательное свойство – удивительная способность к регенерации!

ЧУК: Нужно младшим школьникам, Майя, объяснить, что такое регенерация.

МАЙЯ: Сейчас объясню, профессор Чук. Регенерация – это восстановление органов или тканей ...

КЛАРА: Многие ребята, наверное, слышали, что ящерики, спасаясь от преследователей, отбрасывают свои хвосты ... А потом у них новые вырастают ...

МАЙЯ: У ящериц отрастают новые хвосты, у насекомых и тритонов – новые конечности ... Да и у самих ребят и взрослых вырастают участки костной ткани. Если случаются переломы ... или участки новой кожи - после повреждения ее: порезов или ожогов ...

ВАРФ.: А, правда, Майя, если дождевого червя разорвать пополам, то два новых червяка вырастут?

СТ.СТ.: Не может быть ... Ну я понимаю, что к голове может новый хвост прирасти, но чтобы к хвосту новая голова? Вряд ли, Варфоломей ...

ВАРФ.: Какая там голова у червяка, Степан Степанович, смеетесь?

СТ.СТ.: Обыкновенная голова: со ртом! Рот есть у червя?

ВАРФ.: Есть.

СТ.СТ.: А где место рта? На голове, конечно!

ЧУК: Коллеги, позвольте мне внести ясность в ваш спор, есть у дождевого червя голова или нет? С помощью Большой Советской Энциклопедии ... Сейчас, где же мои очки? Я сделал выписку из статьи «Голова». (читает) «Головой называется передний (или верхний, в частности у человека) обособленный от туловища отдел тела подвижных двусторонних животных» ...

СТ.СТ.: Вот видите, Варфоломей: подвижных, двусторонних животных, то есть у червя, а вы спорите ...

ВАРФ.: Да, но вы не обратили внимания, Степан Степанович, что головой называют обособленный от туловища отдел, а у червя?

ЧУК: Прошу внимания! *(читает дальше)* В голове сосредоточен высший отдел центральной нервной системы ...

ВАРФ.: Выходит, я прав?!

ЧУК: ... некоторые органы чувств, а также передние отделы пищеварительной и дыхательной систем ...

ВАРФ.: Конечно, я прав!

ЧУК: Минуточку, я еще не закончил ...

ВАРФ.: Извините, профессор ...

ЧУК: Еще не дифференцированный, но уже отличающийся строением от остального тела передний конец животного обычно называют головным концом. Например, у большинства червей ...

СТ.СТ.: Например, у дождевого!

ВАРФ.: Но ведь не голова, а всего лишь головной конец?

МАЙЯ: Голова, как и другие органы, эволюционировала, Варфоломей! И началась эта эволюция с появления пищеварительной трубки. С одного конца в эту трубку втягивались питательные вещества, с другого – выбрасывалось то, что осталось после пищеварения. Очень удобно! Большинство животных использует эту эволюционную находку ...

ВАРФ.: *(саркастически)* Вы так еще скажете, что главное в голове – не мозг, а рот!

МАЙЯ: Не главное, но исторически – первое ... Естественно, что подвижное животное ползло вперед началом этой пищеварительной трубки. Естественно, что вокруг начала пищеварительной трубки развились разнообразные органы чувств, помогающие находить и захватывать пищу: глаза, уши, обоняние ...

КЛАРА: И вкус ...

МАЙЯ: Конечно, и вкус!

ВАРФ.: А как же мозг?

МАЙЯ: А мозг появился позже, чем рот, и ничего в этом нет обидного!

ЧУК: Уважаемые коллеги, давайте не будем спорить, какой орган в нашем теле важнее. Не стоит. Тем более, что мы совсем отвлеклись от темы. А ведь Майя обещала удивить нас рассказом про плоского червя планарию. Что-то связанное с регенерацией ..

МАЙЯ: Вот - планария. Туловище, голова, то есть, простите, головной конец, если быть точными ...

ЧУК: Да, давайте будем точными: головной конец.

МАЙЯ: *(тоном фокусника)* Прошу, коллеги!

ВАРФ.: Двухголовая зверюшка?!

СТ.СТ.: Варфоломей, звери – это млекопитающие ...

ВАРФ.: Да, конечно, но, Степан Степаныч, она ведь – двухголовая!

СТ.СТ.: Этого не может быть ...

ВАРФ.: Майя, это фотография или рисунок?

МАЙЯ: Фотография.

ВАРФ.: Вот видите!

СТ.СТ.: Ну, пришили вторую голову: все равно она не приживется. Голова должна быть только одна. Даже, если она не голова, а всего лишь головной конец ...

МАЙЯ: Этот экземпляр, Степан Степаныч, появился в опытах по регенерации. Я уже говорила, что у планарий хорошо развита способность к восстановлению органов тела. Так хорошо, что у них легко вырастает новая голова, головной конец, то есть.

СТ.СТ.: А две головы - откуда берутся?

МАЙЯ: Тоже при регенерации. Если отрезать голову и расщепить шею продольным разрезом: вдоль туловища, - тогда на каждом срезе этой раздвоенной шеи вырастет новая голова ...

СТ.СТ.: Чудеса, да и только ...

МАЙЯ: Биология развития, Степан Степаныч, это вообще сплошные чудеса! Их даже нерешенными проблемами трудно назвать. Просто настоящие чудеса, многие из которых ученые пока не могут объяснить даже приблизительно!

СТ.СТ.: Простите, Майя, как вы назвали эту науку?

МАЙЯ: Биология развития. Это именно та наука, которой ближе всего касается тема нашего сегодняшнего заседания: где быть голове. Все знают, что любое многоклеточное существо обязательно развивается из одной клетки. И каждый раз в ходе развития каждый зародыш, точнее, составляющие его клетки - каждый раз решают заново проблему: где быть голове, где сердцу, где конечностям, - или другим органам

ЧУК: И надо отметить, зародыши редко ошибаются. Глаза, волосы, руки, сердце - все оказывается точно на своем месте. Как это получается? С такой точностью.

КЛАРА: А я читала, что где-то была курица ... или петух ... с сердцем не слева, а справа ...

ВАРФ.: Верно, я тоже читал: у нее даже не одно сердце было, а целых двенадцать!

МАЙЯ: Я не знаю, что именно вы обсуждаете, но ошибки в развитии, конечно, бывают ...

ЧУК: Видимо, это мутации? Нарушения наследственной программы?

МАЙЯ: Иногда это, действительно, поломки в молекулах ДНК. Например, у дрозофилы можно вызвать мутации, при которых вместо ног будут развиваться усики ... или другие уродства ... Но это не столь удивительно ... Гораздо удивительнее, почему ведут себя по-разному клетки в разных местах нормального зародыша? Ведь в каждой клетке взрослого организма содержится полностью вся наследственная программа ... Почему же нервная клетка в ноге ведет себя не так, как соседняя с ней мышечная?

ВАРФ.: А я что-то вдруг засомневался: действительно ли во всех клетках одинаковые молекулы ДНК? Это точно известно, Майя?

МАЙЯ: А как вы иначе объясните такой эксперимент, Варфоломей? Можно вынуть из зародышевой клетки ядро и поместить на его место ДНК любой взрослой клетки. Такие опыты делали на лягушках: помещали в зародышевую клетку, вместо ее собственного ядра, ядро клетки кишечника.

ВАРФ.: И что же?

МАЙЯ: Все равно развивался нормальный лягушонок.

ВАРФ.: Понятно, выходит, что в каждой клетке есть полностью вся наследственная программа, а в то же время, разные клетки выполняют только часть этой программы?

ЧУК: И не просто часть, а работают при этом так согласованно, что все части складываются в единое целое!

СТ.СТ.: Не понимаю, что вас так удивляет? Видимо, и это все записано в наследственной программе. В генах.

МАЙЯ: Да вот в том-то и загадка, Степан Степаныч, что план развития организма как будто бы ни в каких специальных генах не записан. По все наблюдениям выходит, в каждый момент развития клетки как будто сами выбирают, что им делать.

СТ.СТ.: Непонятно, что вы имеете в виду, Майя?

ЧУК: Что за наблюдения?

МАЙЯ: Самые разные! Например, такие. В самом начале развития зародышевая клетка просто делится пополам. Затем одновременно делятся пополам две половинки. Затем – тоже одновременно – четвертушки. Правда, между делениями они вырастают, так что в общем развивающийся зародыш увеличивается в размерах. Но пока клеток всего 8 или 16, они на вид ничем не отличаются друг от друга. И вот тут уже скрыта загадка. Можно пометить каждую клетку и убедиться, что судьба их в дальнейшем различна. Одна даст начало сердцу, другая – конечностям, третья – нервной системе.

ЧУК: Видимо, между этими клетками после нескольких делений уже возникли какие-то различия?

ВАРФ.: Конечно, возникли! Ведь исходная клетка не могла поделиться абсолютно точно пополам ...

КЛАРА: Почему не могла? А говорят, что при делении образуется всегда точная копия молекулы ДНК и две точных копии расходятся по дочерним клеткам?

МАЙЯ: ДНК, действительно, абсолютно идентичны в двух клетках после деления, но вполне могли поделиться не

поровну между дочерними клетками митохондрии материнской клетки и другие частицы и даже просто растворенные в цитоплазме молекулы ...

ВАРФ.: А из этих небольших различий вырастают потом серьезные различия.

МАЙЯ: Все не так просто, Варфоломей. Представьте себе, что на стадии 8 клеток зародыш рассыпался: обработали специальным раствором и получили восемь отдельных клеток. Что будет с ними дальше?

СТ.СТ.: Погибнут?

МАЙЯ: Нет, будут развиваться, но во что они превратятся?

СТ.СТ.: Непонятно ... Не может ведь из одной вырасти нога, из другой – сердце, из третьей – мозг?

ВАРФ.: А почему не может? Если создать подходящие условия ... Биологи просто пока, Степан Степаныч, не могут подходящие условия создавать для развития ...

МАЙЯ: Не стоит нападать на биологов, Варфоломей ... Результат этого эксперимента хорошо известен: каждая из восьми отдельных клеток разовьется в нормального целого зародыша, а потом - в нормальный целый взрослый организм.

ВАРФ.: Не может быть! Ведь одна из этих 8 клеток точно знала, что ей нужно превращаться в сердце? А тем не менее стала делать совсем другое? Почему она изменила свои планы?

ЧУК: Думаю, понятно, почему: изменилось окружение. Раньше у каждой клетки были соседи и под их влиянием каждая из восьми настраивалась на выполнение только части наследственной программы, а не стало соседей – пришлось перестраиваться ...

КЛАРА: Получается, каждая клетка – такая умная, такая умная.

ЧУК: Получается, Кларочка, что умная ...

МАЙЯ: Нет, умными клетки назвать нельзя, просто они так устроены, что по-другому поступить не могут. Объяснить я вам этого не могу, но могу привести еще один пример. Вирус. Назвать вирус умным трудно совсем. Тем не менее, при размножении вирусов из нескольких типов белковых молекул, очень ловко собирается изящная конструкция: головка, тело, хвостик ... Посмотрите! Вот – вирус табачной мозаики ... а вот бактериофаг – вирус, который уничтожает клетки бактерий.

КЛАРА: Жаль, что ребята не видят!

МАЙЯ: Ребята могут познакомиться с тем, как устроен вирус, если взглянут в школьный учебник биологии для 9-10 классов. Так есть строение вирусов. Но в школьном учебнике не написано, как происходит сборка вируса. А это очень интересно. Потому что здесь действует принцип самосборки. Да-да! Деятельность каждого вирусного гена точно изучена. Их всего несколько штук. И точно известно, что нет специального гена, в котором был бы зашифрован план строения вируса и который бы руководил сборкой.

ЧУК: Гена такого нет, а сборка происходит?

МАЙЯ: Да. вся хитрость в строении самих белковых молекул. У них самих такая форма, что они могут соединяться друг с другом только определенным образом, так что из одних молекул получится головка, из других – тело, из третьих – хвостик ...

СТ.СТ.: Потрясающе!

ВАРФ.: Такие головоломки бывают ...

МАЙЯ: Да-да! Если соединишь правильно детали головоломки – получишь красивую фигурку, неправильно соединишь – ничего не получишь! Что-то похожее происходит и при развитии зародыша многоклеточного организма. Только там деталями оказываются не молекулы, а клетки. Живые клетки умеют собираться вместе и создавать очень сложные структуры. В этом биологи убедились с помощью экспериментов. Например, такой организм. Как губка. Его можно разделить на отдельные клетки: аккуратно протереть через сито, не повредив клетки, так что получится смесь клеток. И все же, если эти клетки оставить вместе, они через некоторое время подвигаются-подвигаются – и снова образуют организм губки.

СТ.СТ.: Невероятно!

МАЙЯ: А я что вам говорила? Не наука – а сплошные чудеса. Просто обидно, что в школьном учебнике биологии так мало интересных примеров из биологии развития ...

ЧУК: Может быть, эти опыты еще не успели войти в школьные учебники?

МАЙЯ: Про самосборку вирусов, действительно, узнали не так давно. Но многие опыты из зародышевой индукции проводились еще в тридцатых годах! А тем не менее, про них тоже ребята не знают.

ЧУК: Минуточку, Майя, про индукцию еще не было ни слова ... Про регенерацию было, а про индукцию мы слышим первый раз ...

МАЙЯ: Этим словом в биологии развития называют взаимные влияния разных частей зародыша друг на друга. Мы говорили с вами о том, что сначала, на ранних стадиях развития, клетки делятся равномерно, равномерно растут и увеличиваются в числе. Но с какого-то момента разные группы клеток начинают вести себя как будто бы обособленно друг от друга: делятся не с такой скоростью, как в других частях зародыша, нарабатывают свои особые вещества. Естественно, возникла идея – проверить, насколько такая особая группа клеток и в самом деле независима, насколько точно она знает, что ей надо делать. Как это проверить?

СТ.СТ.: Выделить из зародыша и наблюдать, что она будет делать? Как развиваться?

МАЙЯ: Это трудно, Степан Степаныч. Пока мы еще не очень хорошо умеем выращивать части организма сами по себе, отдельно от целого организма. Можно поступить проще и инее менее интересно: поменять местами две группы клеток внутри зародыша. Скажем, зачаток хвоста пересадить на голову, а зачаток глаза – на место хвоста. Что будет? ... (гур-гурчик) ... Не гадайте, все равно не угадаете.

ВАРФ.: Тогда расскажите ... Я уже, и правда, начинаю верить, будто в этой науке – одни чудеса.

МАЙЯ: Чудеса, не чудеса, а нерешенных проблем хоть отбавляй! Так вот. Все зависит от стадии развития. На

ранних стадиях все определяется местом, на которое мы пересадили необычную группу клеток. Зачаток глаза, пересаженный на хвост, преспокойно превратится в ткань хвоста и так далее. На поздних стадиях – все сложнее. Тут зачаток глаза не только сам не станет делать ткань хвоста, но заставит близлежащие клетки превращаться в хрусталик и другие вспомогательные части глаза...

ВАРФ.: Глаз на хвосте?

МАЙЯ: Представьте себе. Это и есть эмбриональная, то есть зародышевая, - эмбрион – это зародыш, - индукция.

ВАРФ.: Понятно ...

КЛАРА: А еще что-нибудь интересненькое расскажите!

ЧУК: Минуточку, Клара ... может быть, Майя нам все же расскажет о каких-то закономерностях, которые удастся обнаружить в этом мире загадок?

МАЙЯ: Тогда давайте вернемся к проблеме, с которой мы начали обсуждение. Где быть голове? Среди примитивных многоклеточных организмов, умеющих восстанавливать утраченную голову, есть такой, как гидра. Гидра – это мелкое водное животное. Такой мешочек из двух слоев клеток. Но у нее есть рот, окруженный щупальцами, – то есть вполне оформленный головной конец. Так вот. Биохимики проделали ювелирную работу и выделили из гидры особое вещество, которое управляет восстановлением головы у гидры. Это вещество синтезировали искусственно! Можно отрезать головы нескольким особям, добавить синтетический препарат в аквариум –

и головы быстро вырастут снова! Под действием этого вещества клетки в области раны начинают развиваться и превращаться в нервные и другие: все, которые нужны, чтобы появилась новая голова со ртом, щупальцами, - все как было.

ЧУК: И что же это за вещество, Майя?

МАЙЯ: Коротенький пептид – соединение всего одиннадцати аминокислот. Обычно его вырабатывают после операции нервные клетки тела гидры. Но синтезированный препарат ускоряет образование головы ничуть не хуже, чем природное вещество.

СТ.СТ.: Так, может быть, и при развитии зародыша клетки выделяют особые вещества, с помощью которых они сообщают друг другу о своем состоянии и своих планах?

МАЙЯ: Может быть, Степан Степанович, но мы пока не знаем, что же происходит на самом деле. Вот вам один из примеров. Известно, что ход развития разных частей организма можно изменить с помощью такого вещества, как тироксин. Это гормон, который вырабатывают особые клетки организма. Так вот. Под влиянием тироксина клетки хвоста головастика разрушаются, клетки зачатков конечностей, совсем наоборот, начинают усиленно расти, клетки кожи не растут и не разрушаются, а начинают активно вырабатывать особое вещество – коллаген ... А в головном мозге тироксин ускоряет взросление почти всех нервных клеток за исключением двух: эти две – дегенерируют... Можно тут что-либо понять?

ЧУК: Да, запутанная наука.

МАЙЯ: Уже и математики над проблемами биологии развития голову ломают, и физики ... Но пока даже путей к решению этих проблем не видать! Понять законы, по которым возникают формы растений и животных – это дело будущего, и далеко не самого близкого.

ЧУК: Прекрасное поле деятельности для подрастающего поколения! Современная биология разобрала механизм живого на части, докопалась до молекулярных основ наследственности. Будущим же поколениям предстоит понять, по каким законам на основе информации, записанной в молекулах ДНК, развиваются сложнейшие формы живых существ, так хорошо согласованные друг с другом.

КЛАРА: У меня есть объявление для восьмиклассников, которые интересуются биологией.

ЧУК: О приеме во Всесоюзную заочную биологическую школу? Давайте, Клара!

КЛАРА: Дорогие ребята! Те, кто заканчивает сейчас восьмой класс и хочет углубить свои знания в биологии. Вы можете стать учениками Всесоюзной заочной биологической школы при Московском Государственном Университете. Преподаватели этой школы – сотрудники МГУ – будут высылать вам задания и проверять ваши домашние работы. Задания очень интересны и поучительны. Но чтобы поступить в эту школу, вам нужно ответить на пять вопросов. Вопросы опубликованы в журнале «Биология в школе» во втором номере за этот год ... К сожалению, мы не можем сейчас продиктовать вам все эти вопросы. Но, если кто-

то очень захочет на них ответить, а журнал не найдет, напишите нам, мы вам их вышлем. Только поспешите, потому что свои работы вы должны будете отправить в Москву до 15 сентября.

ЧУК: Так. С биологией все ясно. Давайте закончим обсуждение старого задания. Варфоломей. Я просил вас разобрать письма ребят с объяснениями, почему не выливается вода из некоторых сосудов с решетчатым дном?

ВАРФ.: Все в порядке, профессор Чук! Во-первых, посмотрим случай с решетом, дно которого обработано парафином. Ребята пишут, что «вода, не смачивая парафин, образует в ячейках решетки тонкие пленки, обращенные выпуклостью вниз, которые и удерживают воду». Причем, пишут ребята буквально одними и теми же словами: явно цитируют какого-то одного автора, - автора же при этом не указывают! Правда, не все. Так что удалось установить, откуда эти слова: из книги Перельмана «Занимательная физика». Написали об этом: Саша Сафронов из Новокузнецка, Ира Насекина из Горького, Андрей Баункин из Калуги и многие другие ...

ЧУК: Видимо, не все ребята еще знают, что в науке принято ссылаться на источники своей информации ... Надо привыкать к этому, ребята: особенно тем, кто собирается всерьез посвятить себя занятию наукой!

СТ.СТ.: Простите, коллеги, я не понял, что за пленки образуются в решетке? Из парафина?

ВАРФ.: Нет, Степан Степаныч: пленки образует вода ...

СТ.СТ.: В таком случае - сама вода удерживает воду?

ЧУК: Да, Варфоломей, мы, ведь, специально просили ребят указать, какие силы действуют на воду в решетке?

ВАРФ.: Минуточку, где-то у меня были ответы ... Вот, нашел: Вика Раздольская из Томска называет силу тяжести и силу атмосферного давления ...

ЧУК: Атмосферное давление сверху и снизу практически одинаково, так что его можно не учитывать.

ВАРФ.: Прошу прощения, профессор Чук, тут есть еще ответы ... Володя Карпухин из Тулы, Сергей Васянов из Чувашии и некоторые другие ребята пишут, что воду в решетке держит сила поверхностного натяжения ...

СТ.СТ.: Что это значит?

ВАРФ.: Поверхность воды ведет себя как натянутая пленка! Так что в некоторых условиях она даже может выдержать тяжесть довольно большого слоя воды.

ЧУК: Возникновение сил поверхностного натяжения – это лишь одно из явлений, которые возникают в решетке, обработанном парафином. А что-нибудь о смачивании ребята пишут?

ВАРФ.: Нет, кажется нет ...

ЧУК: Жаль, а ведь это очень интересное явление ... Вот скажите, если космонавты возьмут с собой неполную бутылку воды, что будет с водой в невесомости?

СТ.СТ.: Наверное, вода соберется в шарик и будет плавать внутри бутылки?

ЧУК: Нет, Степан Степаныч! В 1962 году во время космического полета на корабле Восток-4 Павел Романович Попович делал такой опыт и убедился, что вода равномерным слоем растеклась по стенкам, а

воздух собрался в центре бутылки. Тут сыграло значительную роль именно смачивание стекла водой.

МАЙЯ: А что-нибудь известно ребятам о капиллярных силах? Они играют огромную роль в природе, например, в жизни растений. Благодаря капиллярным силам вода поднимается по корням растений из почвы, а пчелы собирают нектар из цветков ...

ЧУК: Думаю, что в природе и в технике можно найти немало интересных примеров, связанных с необычным поведением воды ... И вода в решетке – лишь один из немногих ... Я рад, что ребята заинтересовались этим явлением и приняли такое активное участие в его обсуждении.

ВАРФ.: Света Голятина из Орла, Люба Таракановская из Новосибирска и наш слушатель – инкогнито из Молдавии предлагают новый способ носить воду в решетке!

ЧУК: Очень интересно.

ВАРФ.: Поставить решетку в воду и плотно закрыть сверху крышкой. Только обязательно герметично!

ЧУК: Можно такой опыт провести: налить воды в банку с плотной крышкой. Сделать в крышке круглое отверстие и проверить, выльется вода, если перевернуть банку крышкой вниз, или нет?

СТ.СТ.: Если маленькое отверстие, думаю, - не выльется.

КЛАРА: Особенно, если края смазать парафином.

ЧУК: Никакого парафина! Спрашивается, при каком наибольшем диаметре отверстия, вода еще будет держаться в банке? Как изменится ответ, если отверстий будет несколько? Желаю успеха, уважаемые заочные

участники Семинара нерешенных проблем! Жду ваших писем по адресу: 113326. Москва. Радио. Детская редакция. Мне – профессору Чуку. До встречи в эфире!

(песня)

В ГОСТЯХ У ПРОФЕССОРА БЕЛОУСОВА – летом 2009 года



Лев Владимирович Белоусов:

Профессор кафедры эмбриологии МГУ с 1978 г.; родился 18 июля 1935 г.; окончил МГУ в 1957 г., аспирантуру МГУ в 1960 г., доктор биологических наук, профессор; основное направление научной деятельности: морфогенез беспозвоночных и позвоночных животных; академик РАН, член редколлегии журналов "Онтогенез" и "Rivista di Biologia (Biology Forum)"; член Совета директоров Международного института биофизики (ФРГ).

Лев Владимирович Белоусов – автор учебника «Основы общей эмбриологии», который вышел в серии книг «Классический университетский учебник» к 250-летию МГУ имени М.В. Ломоносова в 2005 году, ознакомился с пьесой «**Где быть голове?**» из архива радиосериала «Семинар нерешенных проблем» и побеседовал с журналисткой **Кларой** и биологом **Майей** о том, как можно оценить с позиций науки XXI века состояние проблем, которые обсуждались в гостях у профессора Чука в 1984 году.

МАЙЯ: Лев Владимирович, 25 лет назад ученые хорошо представляли себе, что уже при самых первых делениях зародышевой клетки, когда дочерние клетки еще на вид ничем не отличаются друг от друга, судьба их predetermined. В дальнейшем они будут развиваться не одинаково, то есть, говоря научным языком, будут дифференцироваться: одна даст начало сердцу, другая – конечностям, третья – нервной системе ... Благодаря успехам молекулярной биологии за последние годы мы теперь знаем, что клеточная дифференцировка основана на синтезе специфических белков. Но в комментариях к теме «**Как клетка становится взрослым существом**» вы сказали, что до сих пор одной из главных нерешенных проблем эмбриологии остается

понимание того, почему определенные клетки зародыша дифференцируются в строго определенном направлении и почему различные типы клеток закономерно располагаются в целом органе? Выходит, что знаний о молекулярных механизмах дифференцировки не достаточно, чтобы понять, как в развитии решается проблема, где быть голове?

Л.В.: Да в этом состоит одна из главных проблем не только эмбриологии, но и биологии в целом. Успехи молекулярной биологии в познании механизмов развития огромны. Но, взятые сами по себе, они также мало могут помочь решению самых главных вопросов эмбриологии – почему данный орган возникает в данном месте зародыша и в данный момент развития - как, например, знание устройства автомобильного двигателя может ответить на вопрос – куда и когда автомобиль поедет. Хотя, конечно, если двигатель неисправен – автомобиль не поедет никуда и никогда.

МАЙЯ: А как же обстоит дело с индукторами, о которых спорили на семинаре профессора Чука в 1984 году? Играют они все же решающую роль в определении места, где быть голове? Или ученые от этой гипотезы отказались?

Л.В.: В 1935 г. немецкий ученый Шпеман был удостоен Нобелевской премии за открытие организующих эффектов в эмбриональном развитии. Первые экспериментальные доказательства эмбриональной индукции Шпеман получил еще в 1901 году, а к 1921 году - разработал теорию об «организаторах» развития организма.

МАЙЯ: Опыты Шпемана подробно описаны в вашем учебнике.

Л.В.: Там описаны и очень важные для понимания проблем эмбриональной индукции опыты Ньюкупа.

МАЙЯ: Жаль, что ни те, ни другие нельзя просто так популярно пересказать школьникам.

Л.В.: Да, ребятам придется нам поверить на слово: исследования Шпемана и Ньюкупа показали, что морфогенез и дифференцировка одной части зародыша могут изменяться под влиянием другой части зародыша. Это явление назвали эмбриональной индукцией. Здесь все отнюдь не просто. Например, индукционные свойства некоторых частей зародыша не одинаковы на ранних и поздних стадиях развития. Один и тот же участок, взятый на ранней стадии, индуцирует преимущественно головные структуры, а если взять его на поздней стадии – туловищные и хвостовые отделы тела. В середине прошлого века выяснилось, что эмбриональную индукцию способна вызвать не только живая, но и убитая ткань. Такие свойства нашли у вытяжек из животных тканей, у растительных веществ, у разных физических воздействий. Ученым удалось не только обнаружить головной и хвостовой индукторы, но и «заставить» экспериментальным путем тот и другой действовать противоположным образом, - это тоже описано в моем учебнике. В общем, представления Шпемана об эмбриональной индукции вошли в золотой фонд науки.

КЛАРА: И ничего нового за это время не появилось?

Л.В.: Факты, полученные в надежном эксперименте, не меняются, а объяснение их механизмов - вполне может измениться. В вопросе, где быть голове, к началу XXI века принципиально изменились представления о механизме действия индукторов!

МАЙЯ: Что именно изменилось, Лев Владимирович?

Л.В.: Традиционно (со времен Шпемана) признавалось, что эктодерма (участок зародыша, из которого обычно развивается нервная система) если на нее ничем не подействовать, обязана дать начало кожным покровам. А чтобы из нее получилась голова, - необходим Шпемановский индуктор головы. Казалось, вся проблема только в том и состоит, чтобы найти те химические «инструкции», которые содержатся в индукторе и побуждают эктодерму «сделать голову». Ученые старательно их искали

Правда, некоторое смущение вызывало то обстоятельство, что иногда в эксперименте происходило развитие эктодермы в нервную систему и без индукторов.

КЛАРА: Как это может быть, - без индукторов?

Л.В.: Можно изолировать кусочки эмбриональной эктодермы и понаблюдать за ее развитием ...

КЛАРА: И тогда?

Л.В.: Тогда из нее получатся островки нервной ткани.

КЛАРА: Без всяких индукторов?

Л.В.: Без всяких индукторов! Поначалу эти опыты вызвали немалое смущение, потому что противоречили взглядам Шпемана на необходимость индуктора для возникновения нейральных производных. Авторитет Шпемана был слишком велик и для этих неудобных данных придумывались разные хитрые объяснения.

КЛАРА: ...Что-то совсем запуталась. ... Вы сказали, что представления об индукторах – золотой фонд науки ...

Л.В.: Да, это так, и со временем изменилось не само представление об индукторах, но объяснение механизма их действия. Оказалось, что эктодерме не надо подавать команды, чтобы она сделала спинной или головной мозг: ей надо всего лишь - не мешать это сделать.

КЛАРА: А кто же ей мешает?!

Л.В.: В норме ей мешает делать нервную систему некий "антииндуктор" - белок или, точнее, целое семейство белков: их называют «ВМР». Оказалось, что Шпемановские индукторы вовсе не команды клеткам дают, как им развиваться: они связывают «ВМР»-белки в межклеточном пространстве, и тогда эктодерма спокойно делает нервную ткань. Можно вообще всю эктодерму сделать нервной тканью! Еще один этап такой же «антииндукции» - и эктодерма делает головной мозг. Это называется "*индукция по умолчанию*". Похоже на то, как если бы ребенку запретили играть в футбол, и от одного этого он без всякого учителя стал бы

говорить по-английски! Познавательное значение этих опытов в том, что мы должны отказаться от упрощенных представлений об эмбриональной ткани как о листе белой бумаги, на котором индукторы «пишут», что им захочется. На самом деле уже внутри недифференцированной ткани (английские авторы называют такую ткань «наивной») скрыто множество разных возможностей и надо лишь снять некоторые внешние препятствия для их реализации. Неслучайно английский эмбриолог Уоддингтон предпочитал говорить вместо «индукция» - «эвокация» (пробуждение). А еще 100 лет тому назад русский композитор А.Н. Скрябин предпослал одной из своих сонат такой эпиграф: «*Я к жизни призываю вас, тайные стремленья! Вы, скрытые в темных глубинах духа творящего, вы, боязливые жизни зародыши, вам дерзновенье я приношу!*» Здесь уже высказаны современные представления об эмбриональной индукции. Но давайте вернемся от поэзии и музыки к эмбриологии.

МАЙЯ: Удивительно интересно!

Л.В.: Оказалось, что подразделение нервной системы на отделы также происходит путем «*индукции по умолчанию*». Если не мешать связыванию определенных белков (их целая группа с общим названием «*Wnt*») с определенными клетками эктодермы - вся нервная пластинка развивается в спинной мозг. А вот для формирования *головного мозга* - нужна уже антииндукция: нужно связать факторы «*Wnt*» в межклеточном пространстве. Именно это и осуществляют *головные индукторы* — особые белки «*Cerebrus*» и «*Dickkopf*» на очень ранних стадиях развития. Только когда эти белки связаны, именно тогда в области *будущего головного мозга* активируется специальный ген «*OTX-2*». При этом важно отметить, что у всех позвоночных (кроме ланцетника) на последующих стадиях развития активность этого гена в большей части закладки головного мозга также блокируется, позволяя активироваться там «*гену переднего конца*» — «*anf*». Только тогда осуществляется полноценное развитие переднего мозга.

КЛАРА: Все, я сейчас в обморок упаду: нельзя обрушивать на человека так много непонятных слов!

Л.В.: Я тоже не знаю, нужен ли школьникам этот набор данных? Понятно ли им это и интересно ли? А, главное, - надо ли их грузить множеством частных подробностей? Запомнить они могут очень многое, но, ведь, для них это какие-то фантомные сведения, ни с чем не связанные? Все-таки биологическое университетское образование держится не просто на рассказах, а на том, что учащимся показывают реальные объекты, причем, по возможности, именно живые системы, а не схемы и муляжи.

МАЙЯ: Ребятам, конечно, не стоит пытаться запомнить содержание нашей беседы о процессе управления развитием сложного организма. Но для них важно понять, как много приходится помнить и понимать современным ученым, чтобы продолжать добывать новые знания, и какой огромный труд ученых кроется за страницами учебников. Те из школьников, кого не испугают сложные эмбриологические термины, вполне могут попробовать почитать университетский учебник Льва Владимировича Белоусова.

Л.В.: Кстати, я бы посоветовал особо любознательным школьникам заглянуть в конец учебника: там есть интересные задачи по биологии развития для тренировки ума!

КЛАРА: Не знаю, как сейчас, а 25 лет назад школьники очень любили задачи!

МАЙЯ: Лев Владимирович, расскажите, пожалуйста, благодаря чему произошла столь принципиальная смена представлений в области эмбриональной индукции: новым идеям? более совершенной технике эксперимента? мозговым штурмам?

Л.В.: В первую очередь, - более совершенной технике. В руках ученых появились генетические и белковые маркеры. Современные биологические лаборатории оснащены мощными компьютерами и техникой видеорегистрации изображений. Все это позволяет получать все более точные экспериментальные данные и быстро обрабатывать эту информацию. Но понять, что за

ней кроется, какие именно природные закономерности лежат в основе тех или иных биологических событий – может только человек.

МАЙЯ: При этом, - далеко не каждый человек, а специально подготовленный компетентный специалист!

Л.В.: И все же, согласитесь, Майя, даже самый компетентный специалист – тоже живой человек. Поэтому, в наши дни, как и в предыдущие века, в науке продолжается по многим вопросам борьба мнений. Например, явления «самоиндукции» были известны с 30-х годов прошлого века, но их с разной долей успеха «заметали под ковер». Для современных ученых явления «индукции по умолчанию» представляют большой теоретический интерес. И все же наука – это в первую очередь не борьба мнений, а работа по сбору доказательств. Поэтому, конечно, развитие техники очень помогает получать все более интересные и полезные экспериментальные факты.

МАЙЯ: Скажите, пожалуйста, а какие принципиально новые данные появились за последнее время в изучении проблемы «Где быть голове»?

Л.В.: Новый этап начался примерно 20 лет назад, когда стало возможным связывать индукционные процессы с активацией или подавлением определенных участков генома. Сейчас мы понимаем, что материальные основы для последующих индукционных процессов закладываются еще в оогенезе. Еще до начала деления яйцеклетки, из которой будет развиваться многоклеточный организм, происходит ее поляризация с выделением передне - заднего направления.

МАЙЯ: Кажется, в этом процессе принимают участие такие элементы внутриклеточного скелета, как микротрубочки?

Л.В.: Совершенно верно! Микротрубочки вообще очень активно участвуют в развитии зародыша: вдоль них с помощью белка кинезина двигаются везикулы с различными веществами. Среди

этих веществ есть крайне важное – фосфопротеин «*dishevelled*». Он участвует в запуске целых каскадов молекулярных превращений, которые, в конце концов, приводят к первичной эмбриональной индукции. Этот белок синтезируется еще до начала делений зародышевой клетки и в какой-то момент перемещается на будущую дорсальную (спинную) сторону зародыша. Другой, тоже очень важный белок «*β-катенин*», сначала распределен в оплодотворенной яйцеклетке равномерно, но вскоре после оплодотворения с помощью ферментов расщепляется везде, кроме дорсальной стороны. Кроме этих двух очень важных белков при росте ооцита на его вегетативном полюсе синтезируется большое количество других белков, как бы впрок: потом они будут участвовать в индукционном процессе. Это гликопротеины из семейства «*Wnt-1*», а также 30 белков из семейства «*TGF-β*».

МАЙЯ: Уже известно, как регулируется активность таких «синтезированных впрок» белков?

Л.В.: С помощью тех важных молекул, которые мы уже упоминали : белков «*dishevelled*» и «*β-катенин*». Эти регуляторные белки распределены неравномерно и результат их работы тоже сказывается по-разному в разных частях клетки. Например, на дорсальной стороне «*β-катенин*» сохраняется и по мере дробления переходит в ядра бластомеров, где работает как промотор, активируя определенные гены. Белки, продукты этих генов, взаимодействуют с определенными другими белками и заставляют их активировать те гены, которые уже кодируют белки, обладающие свойствами индукторов. Известно, что за Шпемановскую индукцию отвечают белки «*chordin*» и «*noggin*», - но я думаю, что школьникам это запоминать не обязательно.

МАЙЯ: В вашем учебнике подробно рассматриваются удивительно интересные эксперименты ученых-эмбриологов, но

чтобы в них разобраться, нужно внимательно изучать схемы и рисунки!

Л.В.: Ученые долго и терпеливо экспериментировали с зародышами. Разделяли их на части на ранних стадиях развития и следили за судьбой отдельных частей. Меняли местами разные участки зародыша. Вносили в определенные места чужеродный материал. Подвергали зародыш действию разнообразных химических веществ, а также механических и электрических полей. Создавали теоретические модели. В результате сложились вполне определенные представления о том, что оплодотворенная яйцеклетка поляризуется еще до первых делений.

МАЙЯ: И судьба дочерних клеток, которые получают из разных частей такой поляризованной материнской клетки, всегда будет разной?

Л.В.: Да, но эта судьба на ранних стадиях развития еще не очень строго предопределена: до поры до времени ее еще можно изменить, - во всяком случае, в эксперименте.

КЛАРА: А в природе такое бывает?

МАЙЯ: Кларочка, ну как в природе могут, скажем, поменяться местами части зародыша?

КЛАРА: Ну, как-нибудь, - я не знаю ...

Л.В.: В лабораторных опытах выяснилось, что с какого-то момента развития судьба того или иного участка зародыша уже настолько строго предопределена (или, как говорят эмбриологи, детерминирована) что даже если его переместить в неподходящее место, он все равно будет делать свое дело.

МАЙЯ: Например, формировать глаз на ноге...

КЛАРА: Кошмар какой ...

Л.В.: Но до наступления момента детерминации практически у всех зародышей будущая судьба клеток еще не предопределена. Например, в эксперименте получили почти совсем нормальных личинок морских ежей, перемешав бластомеры разных

зародышей. В таком опыте заново, из полного беспорядка, формировалось само целое, которое затем «диктовало» судьбу отдельным клеткам в соответствии с их положением. Многочисленные экспериментальные примеры стало легче объяснять, когда была разработана теория самоорганизации, которая в 80-е годы прошлого века только вставала на ноги.

МАЙЯ: Разработка этой теории связана с именем Ильи Пригожина, который в 1977 г. получил Нобелевскую премию за вклад в термодинамику необратимых процессов. А кто из ученых-эмбриологов удостоивался Нобелевской премии?

Л.В.: Шпеман, - мы уже говорили, - в 1935 г. получил Нобелевскую премию за открытие эмбриональной индукции, а в 1986 г. Нобелевскую премию получили С. Коэн (США) и Р. Леви-Монтальчини (Италия) – за открытие и исследование факторов роста клеток и органов. Справедливо назвать еще генетиков Э. Льюиса, К. Нюсслийн-Фольхарт и Э. Вишхауса, которым в 1995 году была присуждена Нобелевская премия за открытие сегрегационных генов, мутации в которых нарушают становление передне-задней оси у животных.

МАЙЯ: Лев Владимирович, развитие представлений о регуляции роста живых организмов мы с вами обсуждали в связи с темой «Как клетка становится взрослым существом», - ребята могут сами вернуться к этим страницам нашего сборника. Но у меня вот какой еще есть вопрос. В вашем учебнике описаны эксперименты по изучению факторов, которые более или менее специфически тормозят или стимулируют рост. Например, у гидр и червей головные концы тела подавляют рост задних отделов тела. ...

Л.В.: Интересных фактов - очень много, проблема в том – как создать на их основе единую теорию развития, которая бы четко объясняла, как и почему в определенном месте организма образуются определенные органы.

МАЙЯ: Похоже, что школьники, которые интересуются биологией, без работы еще долго не окажутся.

Л.В.: Успеют вырасти, выучиться, найти свое место в науке...

КЛАРА: Лев Владимирович! Многие современные школьники свободно пользуются информацией в сети Интернет. Не могли бы вы посоветовать просветительские сайты по биологии развития, которые можно рекомендовать школьникам?

Л.В.: К сожалению, я таких сайтов не знаю

КЛАРА: А что вы можете сказать школьникам по поводу представленной в Интернете статьи профессора Ю.Г. Симакова «Информационные матрицы и морфогенез»?

Л.В.: Симаков – выпускник нашей кафедры. Он рассматривает, безусловно, важную проблему, которая заслуживает широкого внимания и обсуждения. Но представления о морфогенетических полях родились отнюдь не в XXI веке. Ханс Дриш — немецкий биолог, который в конце XIX - начале XX века первым исследовал способности зародышей к восстановлению после нарушения их целостности, сформулировал закон, по которому динамика развития каждой части зародыша зависит от ее места в целостном организме.

МАЙЯ: Опыты Дриша тоже подробно описаны у вас в учебнике.

Л.В.: Совершенно верно. Так вот, Дриш, объясняя свои опыты, наделял все живое энтелехией. Он рассматривал ее как силу, которая определяет существование и развитие организма, в том числе, производит отбор из всех возможных путей развития. Дриш утверждал, что не только в экспериментальных условиях, но и в ходе нормального развития каждая часть зародыша (вплоть до клетки) сама «выбирает» себе свою судьбу из всего имеющегося набора возможностей развития.

В наши дни закон Дриша принято истолковывать двумя путями: (1) как действие «позиционной информации»; (2) как действие морфогенетических полей. В рамках гипотезы

«позиционной информации» рассматривают конкретные вещества - морфогены, градиент концентрации которых указывает клетке ее положение. Гипотеза морфогенетического поля впервые была высказана российским биологом А.Г. Гурвичем в 10х- 20х годах XX века. Она предполагает, что клетка согласует свое поведение не только с ее представлениями о положении среди соседей, но с их действиями. При этом способы взаимодействий с соседями могут быть самыми разными: механические напряжения, химические сигналы, электрические поля и т.д. Английский биолог Брайан Гудвин определяет поле как «область соотносительного порядка», т.е. область, где клетки соотносят друг с другом свое поведение. До сих пор единая, общепринятая теория морфогенетических полей не создана. Это – одно из важнейших направлений современной биологии развития.

КЛАРА: И оно, конечно, ждет новых исследователей!

Л.В.: Конечно. Если позволите, я продолжу... Яйцеклетка *в целом* с самого начала генетически детерминирована на развитие *определенного организма*, но ее части в случае нарушений целостности яйцеклетки еще могут изменить свою судьбу. То же самое можно сказать о зачатке почти любого органа. Сначала проходит фаза, когда судьба зачатка *зависит* от индукторов и условий окружения (например, полноценное развитие при пересадке в другое окружение), но части зачатка еще *не детерминированы*: если удалить часть клеток, то все равно разовьется *целый орган, но меньшего размера*. В главе 8, посвященной формированию органов, я рассматриваю данные о *полях органов*. Эмбриональные территории, на которые распространяется состояние целостной детерминации, то есть способность развиваться в зачаток того или иного органа, называются *полями* органов. Границы этих полей являются, как правило, и границами экспрессии определенных генов. Но ... можно вызвать образование целого органа в неподходящем месте

(например, глаза на ноге личинки дрозофилы), если вызвать в этой группе клеток экспрессию одного-единственного гена “*ey*”: он защищает весь целостный *путь развития* (так называемый *креод*). Поперечник морфогенетических полей около 100 клеток (примерно 1 мм). Поэтому зародыши – такие маленькие: тела большего размера уже не «прошиваются» сквозными морфогенетическими полями и не являются в морфогенетическом отношении целыми. Их целостность уже поддерживается, как у взрослых, нервной и гуморальной регуляцией, но к координированному морфогенезу обширные зародыши не были бы уже способны.

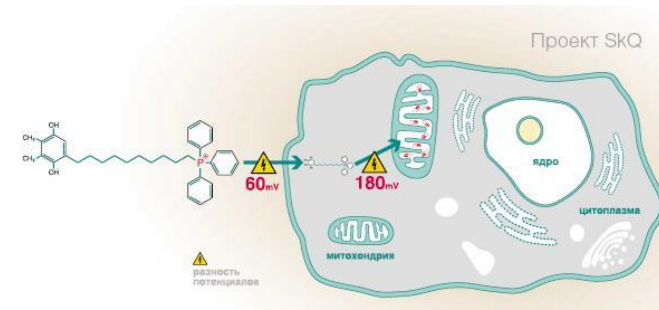
КЛАРА: Получается, что каждая клетка – вроде бы такая умная, такая умная, а все же как сильно зависит от своего окружение. Если у клетки одни соседи, она под их влиянием выполняет одну часть наследственной программы, а не станет таких соседей – придется перестраиваться ... А вдруг - неподходящие соседи попадутся?...Да-а... Почти как у людей ...

Л.В.: Понять законы, по которым возникают формы растений и животных – это дело будущего, и далеко не самого близкого. Первые успехи в области молекулярной генетики вселяли надежду, что вот еще чуть-чуть и можно будет понять, по каким законам на основе информации, записанной в молекулах ДНК, развиваются сложнейшие формы живых существ, так хорошо согласованные друг с другом. Увы! Оказалось, что описания молекул-участников процесса развития живой системы далеко не достаточно для описания законов, по которым формируется сложный организм.

МАЙЯ: В общем, понятно, что и для будущих ученых работы хватит!

Л.В.: Думаю, что хватит.

ЛЕТ ДО СТА РАСТИ НАМ БЕЗ СТАРОСТИ



В ГОСТЯХ У ПРОФЕССОРА ЧУКА

Заседание 69-е:

«Лет до ста расти нам без старости»

(Эфир: 15 октября 1984 г.)

ВЕДУЩИЙ: В эфире научно-популярная программа для школьников – Семинар нерешенных проблем!

(Песня)... (На фоне затихающей песни предсеминарский шумок: переговоры, смех, двигают стулья и т.д.)

ЧУК: Коллеги, прошу внимания ... Начинаем очередное заседание Семинара Нерешенных Проблем ... Сегодня на повестке дня нашего семинара – проблема старения человека ...

СТ.СТ.: Не рано ли нашим юным слушателям задумываться о старении?

КЛАРА: Не рано, не рано!

ВАРФ.: Потом поздно будет ...

ЧУК: Современная наука считает: чтобы прожить дольше и старость была не в тягость, нужно смолоду, именно смолоду! – заложить здоровый фундамент под будущее и затем не терять того, что было достигнуто. Старение и смерть, - увы в этом мире неизбежны, но знать и понимать законы, ими управляющие, не только интересно, но и полезно ...

СТ.СТ.: *Всех, кто молод и стар, тех, что ныне живут,
В темноту одного за другим уведут:
Жизнь дана не навек, - как до нас уходили,
Мы уйдем, и за нами придут и уйдут ...*

Омар Хайам!

ЧУК: Да, уходит одно поколение, оно сменяется другим, третьим ... Почему? Что такое возраст? В 25 лет человек бодр и энергичен, а в 75 – у него седые волосы и морщины, ослабли мускулы, зрение и слух ... Почему? Можно ли это предотвратить? Или задержать? ... И как это сделать? ... А если старение и смерть неизбежны, то почему деревья живут тысячи лет, некоторые люди больше ста, и ни одна мышь еще не прожила больше четырех лет? Уверен, что эти и подобные им вопросы не раз волновали наших слушателей. Давайте попробуем поразмышлять над ними вместе?

СТ.СТ.: С незапамятных времен люди мечтали о вечной молодости, о бессмертии ... Завидовали тем, кто жил дольше других ...

ЧУК: И пытались перенять их опыт, - это очень важно, Степан Степаныч!

СТ.СТ.: В Риме сохранилась могила старца 112 лет. На могиле надгробная плита. На плите надпись: «Он в меру ел и в меру пил». Умеренности во всем учили величайшие умы древности ... Авиценна, Геродот, Аристотель ... Беда в том, что люди в старину и в наши дни не хотели и не хотят следовать умным советам.

ВАРФ.: Силы воли не хватает!

СТ.СТ.: Вот именно: долгий жизненный путь – это трудный путь. Отец медицины Гиппократ учил: «...безделье и тунеядство ведут за собой распутство и нездоровье, а труд и стремление к разуму приносят бодрость, вечно направленную на упрочение молодости».

МАЙЯ: Очень правильные слова!

СТ.СТ.: А кто им следует? Посмотрите вокруг и убедитесь: не перевелись еще бездельники и тунеядцы ...

КЛАРА: Не понятно, почему? Неужели они не хотят долго жить? Или просто не знают советов Гиппократов?

ЧУК: Долго жить хотят все, Кларочка. Только одни люди ищут пути к решению этой проблемы, а другие мечтают о волшебном эликсире, который можно пить, лежа на диване, и не стареть ... Очень важно, коллеги, не просто долго жить, но и пройти свой жизненный путь достойно от начала до конца ...

СТ.СТ.: Без малодушной укоризны

Пройти мытарства трудной жизни;

Измерить пропасти страстей,

Понять на деле жизнь людей;

Прочсть все черные страницы,

Все безнадежные дела, -

Но сохранить полет орла

И сердце чистой голубицы, - СЕ ЧЕЛОВЕК!

- Тарас Григорьевич Шевченко!

ВАРФ.: Хорошие стихи ... Но они о смысле жизни, а не о ее продолжительности: по-моему, мы уклоняемся от темы семинара ...

СТ.СТ.: Бессмысленно жить, молодой человек, не стоит даже несколько лет, а тем более сто или двести.

КЛАРА: Двести лет, Степан Степанович – слишком много ... двести лет никак не прожить!

СТ.СТ.: Почему, Кларочка?! Это как раз близко к рекордным цифрам для человека! Один англичанин прожил 208 лет.

МАЙЯ: Один из основоположников современной геронтологии Алекс Комфорт в книге «Биология старения» утверждает, что если бы человек в течение всей жизни сохранял такую же сопротивляемость заболеваниям, как в возрасте до десяти лет, тогда по крайней мере половина человечества могла бы жить не до ста или двухсот, а до семисот лет!

ВАРФ.: До семисот?!

ЧУК: Невероятно!

СТ.СТ.: Надо учесть, что продолжительность жизни неуклонно возрастает. В древности, скажем, срок жизни был намного меньше, чем сейчас. В древнем Риме человека в сорок лет считали стариком ...

ВАРФ.: Неужели стариком? Что-то не верится!

СТ.СТ.: Тем не менее, так оно и было: средний возраст в древнем Риме составлял 28-30 лет ... Человека старше 60 лет вообще относили в разряд депонтанусов!

ЧУК: (удивленно) Депонтанусов?

КЛАРА: Вроде пенсионеров?

СТ.СТ.: Считалось, что люди в этом возрасте пригодны лишь для жертвоприношений.

МАЙЯ: Варварство какое-то ...

ЧУК: Объясните, пожалуйста, Степан Степанович, почему – депонтанус? Что за слово странное?

СТ.СТ.: «Понт» по-латыни «мост». Мужчины старше 60-ти лет в древнем Риме не принимали участия в общественно-политической жизни, а потому они не могли больше проходить по мосту, который вел в здание для обсуждения и голосования ... «де» - отрицание, отсюда – депонтанусы! ...

ЧУК: Понятно. Спасибо. Еще у меня просьба к Майе: вы упомянули одного из основоположников геронтологии.

МАЙЯ: Да, Комфорта ...

ЧУК: Объясните сразу значение слова «геронтология» ... Я еще раз напоминаю, уважаемые коллеги: не забывайте объяснять радиослушателям смысл подобных, малоизвестных терминов.

МАЙЯ: Геронтология – молодая область науки. Изучает геронтология законы старения. В самом слове два греческих корня: «геронтос» - старик и «логос» - знание ... Так, Степан Степанович?

СТ.СТ.: Совершенно верно!

МАЙЯ: Геронтология – наука о старении.

ЧУК: Хорошо, спасибо.

КЛАРА: Выходит, в наши дни люди живут гораздо дольше, чем в старину? А как же столетние старцы из легенд и былин? Выдумка?

ВАРФ.: Как же, «выдумка», когда только что Степан Степанович рассказывал: в Риме есть могила старца 112 лет ... ну, того самого, который в меру ел и в меру пил ... Исключения были, я уверен, всегда и во все времена ... И хотя средние цифры выросли, рекорды могли не измениться ...

ЧУК: Средние сроки жизни тоже неравномерно растут ... Для европейцев в наши дни средний срок жизни – за семьдесят лет, а где-нибудь в Конго, скажем, или в Бразилии он до сих пор – всего лишь около 30-ти лет.

СТ.СТ.: Тяжелый труд, неполноценное питание, моральный гнет, делают свое жестокое дело – вдвое

сокращают продолжительность жизни в слаборазвитых странах по сравнению с промышленно развитыми ...

МАЙЯ: Глубокоуважаемые коллеги, участники семинара нерешенных проблем, по-моему, мы вплотную подошли к тому, чтобы познакомиться с современными научными представлениями о старении, продолжительности жизни и возможности изменить то и другое.

ЧУК: Да, действительно, давайте предоставим слово для доклада нашему биологу. Мы вас слушаем, Майя.

МАЙЯ: Скажу сразу, что проблему старения можно представлять с разных сторон, и все они одинаково интересны и загадочны. Есть рекордные цифры продолжительности жизни и, в связи с этим, целый ряд вопросов ... Может ли достичь рекордной продолжительности жизни каждый желающий? И как? Можно ли превысить рекорды? Это одна сторона дела, во многом неясная. Специалисты склонны считать, что максимальная продолжительность жизни за всю историю человечества не менялась и вряд ли изменится в ближайшем будущем ... Другая сторона – средние цифры. За те тысячи лет, что человечество ведет письменную документацию, продолжительность жизни без сомнения возросла в 2-3 раза: от 20-30 лет в Древней Греции и Риме до 70-ти лет в наши дни ...

ЧУК: А к концу второго тысячелетия, по-видимому, продолжительность жизни возрастет еще на 7 лет.

МАЙЯ: Средняя продолжительность.

ЧУК: Да. И тут возникает еще одна очень важная проблема. Наши предки, мечтая о долгой жизни, даже

не предполагали, какие сложности придется при этом преодолевать ... (реакж) ... Прошу внимания! Все мы знаем о трудностях подросткового возраста. Это очень непростой период в жизни человека. Все с этим сталкивались. В росте и развитии организма человека между 10-тью и 16-тью годами происходят быстрые перестройки, к которым мучительно приспособляется сам человек и его близкие. Это период ссор и раздоров с окружающими. Взрослым нужно быть очень внимательными, чтобы не нанести непоправимых травм подросткам ... затем личность складывается, человек находит свое место в жизни, живет и трудится с полной отдачей сил... Но вот человек переваливает через середину жизни, достигает полной зрелости и где-то в 55-75 лет становится пожилым. Оказывается – это тоже очень трудный возраст! В организме снова начинаются серьезные перестройки, связанные со старением. К людям этого возраста нужно относиться так же внимательно, как к подросткам – чтобы помочь им избежать лишних травм.

СТ.СТ.: Например, установлено, что многие тяготы, связанные с пожилым возрастом, происходят просто от одиночества! Да-да, проводили опыты с молодыми добровольцами и убедились, что в условиях изоляции от окружающих – примерно таких, в каких оказываются многие пожилые люди – и у молодых развиваются признаки старения: апатия, слабость мышц и органов чувств ...

ЧУК: Но мне кажется, именно наши юные слушатели во многом могли бы помочь своим бабушкам и

дедушкам – не чувствовать себя забытыми и заброшенными!

ВАРФ.: А все-таки, уважаемые коллеги, есть в наши дни надежные рецепты долгожительства, кроме умеренности во всем, как нас учили мудрецы древности, или нет?

МАЙЯ: Одним из важнейших условий долголетия, Варфоломей, современная геронтология считает подвижный образ жизни ...

СТ.СТ.: Правда, это тоже старый рецепт. Римский врач Корнелий Цельс в первом веке нашей эры рекомендовал любому здоровому человеку жить то в городе, то в селе, чаще бывать на природе, путешествовать, охотиться, как можно больше двигаться, ибо бездеятельность расслабляет тело и приносит преждевременную старость ...

ВАРФ.: Отсюда можно сделать логический вывод: все туристы – потенциальные долгожители!

ЧУК: Не только туристы, а вообще все, кто занимается спортом на свежем воздухе!

ВАРФ.: Нет, именно туристы, профессор. Они не просто двигаются, но и меняют местожительство: то в городе, то в селе. Так ведь нас учили мудрецы, Степан Степаныч?

ЧУК: В таком случае, потенциальные долгожители – все дачники.

СТ.СТ.: Конечно, особенно, если они много времени проводят, работая в саду или огороде. Клавдий Гален, тоже римский врач, во втором веке нашей эры направлял многих своих пациентов копать землю и косить сено.

КЛАРА: А если двигаться не на свежем воздухе, а в закрытых залах? Скажем, уроки физкультуры в школах, как правило, проходят в помещении. Это полезно?

МАЙЯ: Безусловно! Подвижность, подвижность, и еще раз подвижность – вот что должно стать девизом современного человека. Цивилизация делает нашу жизнь все более сидячей. В большинстве случаев мы мало того, что учимся и работаем сидя, мы и отдыхаем сидя!

ВАРФ.: Или даже лежа.

МАЙЯ: Это никуда не годится! Снижение подвижности – кратчайший путь к ранней старости. Необходимо двигаться. Всеми доступными способами!

ЧУК: Разумеется, в подходящее время: я не хочу, чтобы наши слушатели приняли призыв Майи как приглашение бежать с уроков ...

МАЙЯ: Очень важно, чтобы привычка вести подвижный образ жизни закрепилась к 20-ти годам. Потому что после 20-ти и тем более 40-ка лет менять образ жизни на более подвижный становится все труднее и труднее.

ВАРФ.: Все прекрасно, но хотелось бы услышать рецепты долголетия, не известные древним мудрецам ... Профессор Чук упомянул об эликсире молодости: нельзя ли развить эту тему подробнее? Насколько я знаю, сейчас всерьез ведутся поиски лекарственных препаратов, продлевающих срок жизни. Какие проблемы решены и не решены в этом направлении?

МАЙЯ: Есть препараты, которые в сочетании с витаминами F, B, C, D – регулируют ход некоторых реакций в стареющем организме и улучшают его

тонус. Но это не возвращение молодости. Все лекарственные препараты дают лишь краткосрочные эффекты. Мы еще очень и очень мало знаем о законах старения. Например, до сих пор не найдено ни объяснения, ни способа борьбы с редкими случаями невероятно быстрого старения. Мы уже говорили о средних цифрах продолжительности жизни. Но есть случаи, когда вся программа развития и старения разворачивается с необычайно высокой скоростью: у детей в возрасте 5-7 лет появляются морщины на лице. Седина, тело становится дряблым и наступает преждевременная смерть – со всеми признаками глубокой старости. ...*(гур-гурчик)*...

СТ.СТ.: Судя по историческим хроникам, венгерский король Людвиг Второй в 14 лет имел густую широкую бороду, в 15 лет женился, в 18 поседел, а в 20 умер глубоким стариком.

МАЙЯ: Специалисты называют случаи ускоренного старения прогерией. И оценивают их как болезнь.

ЧУК: Скажите, Майя, а какими методами работают геронтологи сейчас? Используют они опыты на животных?

ВАРФ.: Вряд ли геронтологи работают с лабораторными животными ...

КЛАРА: А почему нет?!

ВАРФ.: По-моему, геронтологи вообще только собирают сведения о долгожителях, разве не так?

СТ.СТ.: Не знаю, как работают современные ученые, но еще в 10-м веке знаменитый Абу Али Ибн Сина ...

ЧУК: Он более широко известен под именем Авиценна, Степан Степанович ...

СТ.СТ.: Да, пожалуй, вы правы. Авиценна в 10-и веке проделал такой опыт. Взял двух ягнят от одной матки. Одного содержал нормально, а второго в клетке, в углу которой был привязан голодный волк.

МАЙЯ: Типичная стрессовая ситуация: постоянное напряжение, страх ...

КЛАРА: И что же, Степан Степаныч?

ВАРФ.: Съел его волк или ягненок от страха умер?

СТ.СТ.: Ни то, ни это: ягненок стал очень быстро стареть!

ЧУК: Удивительное дело.

МАЙЯ: Похожие результаты получил Иван Петрович Павлов в опытах на собаках.

ВАРФ.: Так, постепенно картина вырисовывается все полнее. Уже не только умеренность в еде и питье требуется плюс подвижный образ жизни, но еще и душевное спокойствие?

МАЙЯ: Не знаю, не знаю, Варфоломей ... В опытах на мышках и дрозофилах получены противоположные результаты. Там стрессы не ускоряли процесс старения.

ВАРФ.: Совсем запутали!

КЛАРА: Я не понимаю, какое вообще отношение имеет ягненок или собака или тем более дрозофила к тому, что происходит с человеком? Ведь люди живут гораздо дольше животных?!

ВАРФ.: Клара права, животные, как правило, живут меньше людей.

ЧУК: Это смотря какие животные.

СТ.СТ.: Вот именно!

ЧУК: Кстати, я читал, что в старении и животных и людей есть общая закономерность: чем дольше у организма период развития до взросления, тем больше срок жизни. Даже что-то вроде переводного коэффициента начислено. Как правило, срок жизни в 5-7 раз больше периода роста... Скажем, собаки и кошки полностью взрослеют к 3-4 годам и живут в среднем 15-28 лет. Лошади взрослеют к 5 годам и живут до 50-60 лет.. Если принять, что человек полностью взрослеет к 25-ти годам, то по этому правилу, мы должны жить лет 125-175.

СТ.СТ.: Как все долгожители.

ВАРФ.: Значит, большинство людей не используют свои резервы срока жизни?

ЧУК: По-видимому, так ... Между прочим, деревья, которые растут и развиваются дольше, чем животные, гораздо дольше и живут. Известны дубы и липы, возраст которых – семьсот – девятьсот лет.

ВАРФ.: Что там семьсот ... или даже тысяча лет. Я читал в журнале «Вокруг света» - в Мексике туристам показывают в одном из селений, на местном кладбище – кипарис возрастом в 12 тысяч лет! Мыслимо ли это?

ЧУК: Секвойи живут по 3-5 тысяч лет. ... А в Австралии обнаружили макроцимию, возрастом в 15 тысяч лет!

ВАРФ.: Ошибки здесь не может быть? В определении возраста?

ЧУК: Вряд ли: растение само фиксирует свои годы в годичных кольцах – только подсчитывай!

СТ.СТ.: Хочу напомнить, уважаемые коллеги, что долгожители есть и среди животных. Долго живут орлы,

вороны, некоторые рыбы. При очистке Царицынских прудов в Москве выловили щуку с кольцом на плавнике. На кольце гравировка: «сию щуку посадил царь Борис Федорович». Когда царствовал Борис Годунов? ... Вот то-то!

ЧУК: И черепахи долго живут: 150 лет и даже больше.

МАЙЯ: И рыбы, и черепахи ежегодно наращивают массу тела – возможно, именно это как-то связано с долгожительством ...

ВАРФ.: Простите, неувязка выходит: деревья, рыбы, черепахи живут долго, потому что наращивают массу тела, - а человеку испокон веков рекомендуют умеренность в еде? Не может быть для всех живых существ один закон, а для человека - другой! И бегать растения не могут: я бы сказал, чрезвычайно неподвижный образ жизни ведут ...

КЛАРА: Да-да, ты прав: и черепах тоже - очень подвижными не назовешь.

ЧУК: Думаю, все эти противоречия подтверждают лишь то, что человеку пока не удалось найти законы старения, общие для всего живого мира.

СТ.СТ.: Нет резона обращаться за опытом к воронам и черепахам, когда на земном шаре есть много долгожителей среди людей.

ВАРФ.: Да, действительно! А опыт долгожителей ученые сумели уже собрать и проанализировать? Какую пользу может извлечь из этого каждый, кто хочет на долгие годы сохранить бодрость тела и духа?

СТ.СТ.: Некоторые примеры из жизни долгожителей весьма поучительны и, кстати, не противоречат тому, что

мы говорили раньше. Скажем, английский крестьянин Томас Парр родился в XV, а умер в XVII веке. Может быть, он и дольше бы прожил, но был приглашен в королевский дворец, где объелся и умер. Этот случай засвидетельствовал сам Гарвей, производивший вскрытие бедняги.

ЧУК: Гарвей – знаменитый врач и ученый-анатом, его свидетельству придется поверить.

СТ.СТ.: Почтовый чиновник Роберт Тейлор прожил 134 года. Узнав об этом, королева Виктория послала ему свой портрет с надписью: «Дар королевы Виктории почтенному Роберту Тейлору на воспоминание о его глубокой и беспримерной старости». Подарок так взволновал долгожителя, что получив его, он тут же скончался.

ЧУК: В нашей стране очень много долгожителей. В одном лишь Дагестане их больше, чем во Франции, Англии и Японии, вместе взятых. ... Я помню, еще в 1938-ом году, по инициативе академика Богомольца, в Киеве проходила первая в истории геронтологии научная конференция по проблеме долголетия. Я разыскал для семинара книгу Богомольца «О долголетию». Вот некоторые выдержки из нее ... Сейчас, только очки надены ... Так: «...чтобы жить долго, нужно приучиться к воздержанию...» - об этом мы уже говорили ... «лучше жить за городом, где вода ключевая и воздух свежий» ...

СТ.СТ.: По статистике мужчины села живут дольше городских мужчин.

КЛАРА: Только мужчины? А женщины?

ЧУК: Позвольте, я еще не кончил... «Все старайтесь делать в одно и то же время – работать, есть, гулять и спать. Работать - не мало, но и не слишком много. От малой работы человек впадает в лень, а от большой – теряет жизненные соки».

ВАРФ.: Умеренность и воздержание? А у меня совсем другой случай! Можно мне сказать, профессор Чук?

ЧУК: Да, конечно, Варфоломей.

ВАРФ.: Вот пример из газеты «Комсомольское знамя». Моряк Христиан Якобсон Дракенберг – норвежец – с 13 лет плавал в море. Воевал, несколько раз был в плену у пиратов и турок. В 92 года расстался с морем. В 111 лет женился (невесте тогда было 60 лет). Они прожили вместе больше 30 лет и на 146 году бывший моряк скончался. Где в этом примере умеренность? Где душевный покой? Их нет и в помине! А народоволец Морозов?! Столько лет провел по тюрьмам и каторгам, а дожил до 90-ста лет...

СТ.СТ.: Последнего гетмана запорожских казаков, Калышевского, по приказу Екатерины Второй, в возрасте где-то 70-ти или 80-ти лет заточили в подземелье Соловецкого монастыря. Гетман провел там в оковах 25 лет, вышел из заточения и дожил до 113-ти лет.

ЧУК: Да, видимо, мы еще плохо представляем себе запасы прочности человеческого организма...

КЛАРА: А может быть и этот моряк, и Морозов, и гетман в идеальных условиях как раз и прожили бы до 700 лет?!

ЧУК: Уважаемый биолог, не могли бы вы внести ясность в обсуждаемую проблему?

МАЙЯ: Вообще-то, коллеги, вы порядком все запутали, но попробуем разобраться ... Сначала о животных. Все животные стареют по-разному ... (реагаж) ...

ВАРФ.: Конечно! Амебы – те вообще не стареют: растут и делятся, растут и делятся. Бессмертие наяву!

МАЙЯ: Нет, Варфоломей, амебы тоже смертны. Только они стареют и погибают целыми сообществами – клонами. Часто причиной гибели клона служит голодание, даже если оно было временным ...

КЛАРА: А у меня все подруги голодают, чтобы выглядеть моложе. Правда-правда: одна – день в неделю, другая – неделю в месяц.

ВАРФ.: Ты им про амеб расскажи, Клара ...

ЧУК: Прошу внимания!

МАЙЯ: Долго не стареют гидры: у них каждые две недели почти все клетки обновляются.

КЛАРА: И у человека некоторые клетки обновляются: например, в коже – летом после загара!

МАЙЯ: Совершенно верно, Кларочка! ... Каждые 100 дней обновляются эритроциты человека, восстанавливаются и другие клетки крови, клетки печени, залечиваются сами случайные повреждения в молекулах ДНК.

СТ.СТ.: А как это обновление связано со старением всего организма?

МАЙЯ: Пока это, Степан Степаныч, одна из нерешенных проблем геронтологии ... Конечно, старение всего организма как-то зависит от поведения отдельных его частей ... Но как? И что играет решающую роль? Большинство специалистов считает, что все начинается

с мелких поломок в молекулах ДНК. Из-за этого нарушается работа отдельных клеток, начинают неточно выполнять свои функции разные органы. И в результате снижается жизнеспособность всего организма: он уже не так устойчив к инфекциям, с трудом добывает средства к существованию и с трудом спасается от хищников ...Нет программы старения, - утверждают геронтологи, - и ни один организм еще не умер просто от старости. Смерть в любом возрасте наступает от одних и тех же причин. Просто в раннем возрасте жизнестойкость выше, а в позднем – ниже... Вот то общее, что можно извлечь из опытов над животными и наблюдений за людьми ... Да, есть еще один общий момент: максимальная продолжительность жизни любого вида predetermined довольно строго. Среднюю продолжительность жизни можно изменить, меняя окружающие условия, максимальную – пока изменить не удастся.... (реакж)...

ЧУК: Эти правила относятся и к животным, и к людям?

МАЙЯ: Да, но в старении человека есть много своего, особенного. Например, у животных срок жизни, как правило, тем больше, чем животное крупнее. Мыши и ежи живут максимум 3-4 года, собаки и кошки – около 20-ти лет, бегемот и слон – 50-70 лет ... Человек меньше слона и бегемота, а максимальный возраст у него – около двухсот. В чем дело?

ВАРФ.: А обезьяны? Как стареют обезьяны? Как человек? Или как другие животные?

МАЙЯ: Для обезьян и человека становится очень важной новая закономерность: при равном весе тела срок жизни пропорционален весу мозга

ВАРФ.: А почему? Кто-нибудь понимает – почему так?

МАЙЯ: До конца не понятно. Хотя, очевидно, что чем мощнее мозг, тем легче организму компенсировать ущерб, возникающий в теле из-за неправильной работы отдельных клеток и органов ... Человек уже умеет поправлять зрение очками, слух – слуховыми аппаратами. Мы пользуемся протезами и пересаживаем органы. Конечно, все это повышает жизнестойкость организма. И без сомнения, всем этим человек обязан работе мозга!

ЧУК: Да, мы много говорили о том, что с возрастом каждый индивидуум набирается опыта: он избегает рискованных ситуаций, правильно распределяет свои силы.

МАЙЯ: Умнеет и система иммунитета: организм легче справляется с теми инфекциями, которые он уже встречал на своем жизненном пути ...

СТ.СТ.: Выходит, с возрастом, с одной стороны, наши шансы на выживание снижаются, а с другой стороны – повышаются? Интересно ...

МАЙЯ: Интересно и загадочно. В общем, уважаемые коллеги, думаю, все убедились. Что старение – очень сложное явление, целый клубок нерешенных проблем. Из которого пока удалось вытянуть и распутать лишь отдельные ниточки. Явление это так же сложно, как сама жизнь. Единой теории старения пока нет и даже не ясно, когда она будет создана.

ЧУК: Ну что же, на этом мы, пожалуй, остановимся. Спасибо, Майя, и вам всем, дорогие коллеги. А сейчас разберем почту. Слово Кларе.

КЛАРА: На нашу анкету: «Какие нерешенные научные проблемы вам хотелось бы обсудить»,- ответили главным образом старшеклассники: с седьмого по десятый класс, те, кто работает с нами 3-4 года, и новички. Интересует ребят главным образом биология и проблемы космоса. Хотя есть и предложения из лингвистики, истории, дизайна и других областей. Как всегда, интересуется Атлантида и жизнь на других планетах.

ЧУК: Так. Понятно. Ну что же, в новом учебном году будем обсуждать и проблемы истории, и проблемы электроники, и Атлантиду вспомним, и, конечно, как всегда, не оставим без внимания биологию и космос. Прошу всех слушателей заранее подготовиться к декабрьскому заседанию. Тема: «Школа в XXI-м веке». Сейчас Клара и Варфоломей продиктуют вам вопросы для самостоятельной работы. Прошу вас.

КЛАРА: Опишите уроки в школе будущего. Какие предметы исчезнут? Какие - могут появиться? В каких книгах вы встречали описание школы будущего?

ЧУК: Пожалуйста, - Варфоломей!

ВАРФ.: Какую роль в школе будущего станут играть компьютеры?

ЧУК: Ну а теперь, мы прощаемся с вами! Очередное занятие - 12 ноября. Тема: «ЭВМ – прибор или нет?» А в декабре обсудим проблемы школы будущего. До свидания! До новых встреч в эфире!

КЛАРА: Напоминаю наш адрес: 113326. Москва. Радио. Детская редакция. Профессору Чуку

В ГОСТЯХ У АКАДЕМИКА СКУЛАЧЕВА – летом 2009 года



Владимир Петрович Скулачев:

Родился 21 февраля 1935 года в Москве в семье архитекторов. В 1952 г. окончил школу № 365 г. Москвы, в 1957 г. - биолого-почвенный факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, а в 1960 г. - аспирантуру этого же факультета. В 1965 году занял должность заведующего отделом биоэнергетики в новом подразделении МГУ — Межфакультетской проблемной научно-исследовательской лаборатории молекулярной биологии и биоорганической химии (1965-1973). После смерти академика А. Н. Белозерского в 1973 г. был назначен директором этой лаборатории (сохранив заведование отделом биоэнергетики). В 1991 г. лаборатория была преобразована в Научно-исследовательский институт физико-химической биологии имени А. Н. Белозерского. С 1991 г. по настоящее время В. П. Скулачев - директор НИИ ФХБ имени А. Н. Белозерского МГУ, а с 2002 г. - одновременно декан нового факультета биоинженерии и биоинформатики МГУ.

В. П. Скулачев – почетный президент Всероссийского общества биохимиков и молекулярных биологов, академик РАН (1992), член Европейской Академии (1991), член исполкома Европейской Академии (1992-1998), президент клуба российских членов Европейской Академии, с 1980 года - член руководства международной биоэнергетической организации.

Прошло 25 лет после того, как в радиопередаче для школьников обсуждались проблемы старения. В начале XXI века биология уделяет проблеме старения по-прежнему очень большое внимание, и с каждым годом появляются новые факты, позволяющие глубже понять механизмы этого процесса. Многие в нашей жизни изменилось так, что это даже и не предполагалось участниками Семинара Нерешенных Проблем. Например,

школьникам стали доступны благодаря сети Интернет огромные массивы информации. Владимир Петрович Скулачев согласился познакомиться с обсуждением проблемы старения на Семинаре профессора Чука в 1984 году (пьеса «*Лет до ста расти нам без старости*») и поделиться с биологом Майей своим опытом работы в этом направлении.

МАЙЯ: Владимир Петрович, вы руководите широкомасштабным проектом, или, как принято сейчас говорить: *мегапроектом*, - цель которого научиться замедлять старение с помощью специальных антиоксидантов, адресованных митохондриям. Насколько успешно продвигается эта работа?

В.П.: Пройден очень важный этап, результаты которого мы обобщили в виде серии взаимосвязанных научных публикаций. Это целый том журнала «Биохимия» - №12 за 2008 год. В 2009 году опубликованы обзоры в журналах «Успехи геронтологии» и «Biochemical et Biophysical Acta». Есть специальный сайт в Интернете: <http://skq-project.ru/>. Мы постарались сделать информацию о проекте доступной самому широкому кругу заинтересованных читателей.

МАЙЯ: Можно ли совсем простыми словами, понятными школьникам, объяснить смысл этой работы, а также, какие в ней использованы подходы и какие достигнуты успехи?

В.П.: Если совсем просто, то, наверное, можно сказать так. Хорошо зная тонкости работы митохондрий – этих энергетических подстанций живых клеток – мы выдвинули гипотезу, что при старении организмов в митохондриях возникает избыток активных форм кислорода, и попытались научиться снижать этот избыток, чтобы замедлить старение. Сначала придумали, как это сделать, потом - сделали.

МАЙЯ: А можно восстановить логику научного поиска, который привел к идее такого проекта? Я думаю, школьникам было бы полезно об этом узнать. Ведь школьные учебники по-прежнему, как и 30 лет назад, дают детям знания, добытые наукой, но не пишут, какой труд стоит за этим.

В.П.: Логика научного поиска описывать не просто: в ней много от подсознания, много – от элементов мозгового штурма. ... Схематично, можно описать ход событий так. Еще в конце 60-х годов прошлого века мы с Ефимом Арсеньевичем Либерманом пытались найти экспериментальные доказательства идеи Митчела о сопряжении электрических и биоэнергетических процессов в мембранах митохондрий....

МАЙЯ: Да, мы обсуждали эту идею и ваши эксперименты в пьесе «Живое электричество» из нашего радиосериала....

В.П.: Тогда мы пришли к открытию проникающих ионов, которые впоследствии один из наших зарубежных коллег назвал «Скулачев-ионами», или «*Sk+*» «*Sk-*». Тогда же мы убедились, что некоторые из проникающих катионов можно использовать как «молекулы-электровозы» для доставки внутрь митохондрий определенных веществ. Без этих работ прошлого века мы не смогли бы успешно продвинуться в реализации идеи XXI века. Сначала мысль использовать проникающие ионы как локомотивы для доставки в митохондрии антиоксидантов испытал наш зарубежный коллега Майкл Мэрфи, - в самом конце прошлого века.

МАЙЯ: Антиоксиданты – это вещества, которые должны снижать уровень активных форм кислорода? Мэрфи удалось это сделать?

В.П.: Да, но те вещества, которые использовал Мэрфи, при небольшом возрастании их концентрации оказывали противоположное действие – увеличивали уровень активных форм кислорода в митохондриях. Это делало практически нереальной перспективу использовать их как лекарства.

МАЙЯ: А вы ставили задачу – именно получить лекарства?

В.П.: Вообще-то мы искали дополнительные источники финансирования для научных исследований. Но пытаться найти такие средства в сфере бизнеса можно только, обозначив перспективу практического использования научных результатов.

МАЙЯ: И вам это удалось?

В.П.: Да. Решающую роль в запуске проекта по использованию проникающих ионов в медицинских целях сыграл грант благотворительного фонда одного из наиболее богатых бизнесменов России Олега Владимировича Дерипаски – выпускника физического факультета МГУ 1993 года. Сначала мы пытались улучшить свойства вещества, которое использовал Мэрфи, а потом – родилась идея создания совершенно нового класса таких веществ. И это определило дальнейшую судьбу проекта.

МАЙЯ: Можно как-то простыми словами объяснить неспециалистам существо этой новой идеи?

В.П.: Боюсь, что совсем простыми не получится. Схематично дело выглядит так. Нужна «молекула - электровоз», чтобы доставить внутрь митохондрий молекулы антиоксиданта, и нужен сам антиоксидант. Мэрфи использовал как антиоксидант убихинон. Мы сначала – тоже, но затем пришла мысль заменить убихинон *пластохиноном*. Когда-то по этому пути пошли в эволюции растительные клетки: они задолго до химических опытов в научных лабораториях обнаружили, что у пластохинона антиоксидантные свойства намного лучше, чем у убихинона, - и взяли это на вооружение.

МАЙЯ: Да, простыми словами, и, правда, не расскажешь.

В.П.: Мы стали синтезировать и испытывать в лабораторных экспериментах разные соединения «Скулачев-иона» (*Sk*) с пластохиноном (*Q*), назвав эти соединения «*SkQ*». И здесь наш ждал серьезный успех: мы получили очень эффективные

антиоксиданты, которые действовали в столь низких концентрациях, что можно было не опасаться побочных эффектов. Первый успех повлек за собой следующий – уже организационный. Работа по благотворительному гранту была преобразована в инвестиционный проект, финансируемый компанией Дерипаски. Сотрудники консалтинговой компании «Иконтри» разработали и внедрили уникальную программу управления проектом. Был также создан Наблюдательный совет МГУ из ряда деканов во главе с ректором акад. В.А. Садовничим. Закупили необходимое оборудование, пригласили ряд новых сотрудников. Всего к концу 2007 года в проекте оказалось задействовано 260 человек.

МАЙЯ: По правде говоря, это достаточно необычно для современной России: объединить усилия сотен специалистов, не просто из разных организаций, но из разных городов России, и даже из других стран.

В.П.: Да, в проекте участвуют специалисты Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска, а также Швеции и США.

МАЙЯ: Как вы считаете, что сыграло решающую роль в столь интенсивном и эффективном продвижении работы? Дополнительное финансирование? Дополнительная мотивация в виде осознания после первых успехов востребованности общих результатов? Ощущение «плеча друга», - ведь участники вашего проекта много общаются в форме рабочих совещаний и семинаров? А может быть сама перспектива замедлить старение?

В.П.: Думаю, что и то, и другое, и третье, - все вместе. Наверное, у каждого из сотен участников мотивации к интенсивной работе отличаются друг от друга. Но удачное *объединение усилий* – это, конечно, очень важный фактор! С деталями организации работы можно ознакомиться по моей статье в последнем номере журнала «Биохимия» за 2007 год. Представлены эти материалы и в сети Интернет.

МАЙЯ: Как много фундаментальных открытий с трудом прокладывают себе дорогу в жизнь. ... Вашему открытию удалось избежать этой судьбы. ... И заслуга в этом не счастливого случая, а именно целенаправленной организационной работы. ... Замечательно, что в столь сложное для науки время удалось объединить усилия сотен ученых и организовать их целенаправленную эффективную работу над, в общем-то, фундаментальной научной гипотезой. ... Ведь исходно идея о возможности повлиять на процесс старения с помощью проникающих ионов была чисто теоретическим представлением, опиравшимся всего лишь на одну из многих теорий старения?

В.П.: Теорий старения, действительно, много, и выбрать на основании имевшихся к началу XXI века многочисленных научных данных одну из гипотез было немислимо. Мы хорошо знаем работу митохондрий, поэтому остановились на гипотезе программируемой смерти, которая опосредована способностью митохондрий вырабатывать АФК (активные формы кислорода).

МАЙЯ: И глубокие детальные знания о молекулярных превращениях в митохондриях позволили *придумать* молекулярный инструмент воздействия на процессы в митохондриях, обладающий *геропротекторным* эффектом?

В.П.: Да, именно так: придумать и сделать!

МАЙЯ: Судя по вашей статье в №12 журнала «Биохимия» за 2007 год, логика выполнения проекта состояла из длинной цепи определенных шагов:

1. Синтез целого набора катионных производных хинона, - это сделали специалисты НИИФХБ имени А.Н. Белозерского.
2. Тестирование этих соединений на модельных мембранах и выбор наилучших по проникающей способности, - силами своих специалистов выбрали SkQ1, SkQR1, SkQ3.

3. Тестирование выбранных веществ на анти- и прооксидантную активность, - тоже силами своих специалистов, выбрали SkQ1 и SkQ3.
4. Исследование влияния SkQ1 и SkQ3 на клеточные культуры показало, что эти вещества, локализуясь в митохондриях, в чрезвычайно низких концентрациях предотвращают фрагментацию митохондрий под действием перекиси водорода и защищают в этих условиях клетки от гибели.
5. Исследование влияния на целые органы: сердце крысы (это делали сотрудники Кардиоцентра), почки и мозг (Кардиоцентр и НИИФХБ), - на этом этапе в проект вторглись проблемы биоэтики, так как пришлось использовать лабораторных животных как материал для исследования.
6. Наконец, проверка собственно геропротекторного действия при прогерии (патологически ускоренное старение) и нормальном старении грызунов, дрозофил и дафний. На этом этапе к проекту подключились специалисты Онкологического центра, Ветеринарной академии, Института биологии развития и Института молекулярной генетики из Москвы, Института онкологии из Санкт-Петербурга, а также из Новосибирска, Швеции и США.

В.П.: Все так, но только эти шаги выполнялись не последовательно, а почти с самого начала – параллельно. Поэтому и удалось все сделать так быстро. Кстати, в свете современного интереса к вопросам биоэтики, важно отметить, что по ходу выполнения проекта животные уже становились не жертвами экспериментаторов, а пациентами!

МАЙЯ: Это, действительно, очень важно! Владимир Петрович, суммарный вывод вашей обзорной статьи 2007 года по проекту выглядит так: «Особенностью геропротекторного действия

SkQ1-иона является то обстоятельство, что он не столько увеличивает продолжительность жизни, сколько улучшает ее качество во второй половине жизненного цикла. Иными словами он продлевает молодость».

В.П.: Совершенно верно! И сегодня этот вывод сохраняет свою силу.

МАЙЯ: Изменились ли как-то после проведения этих исследований ваши представления о механизме старения?

В.П.: В 70-х годах прошлого столетия было открыто явление запрограммированной клеточной смерти. Это явление назвали *апоптозом*. В настоящее время механизмы такого «физиологического самоубийства» изучены для самых разных многоклеточных организмов. В частности, оказалось, что составной частью таких механизмов является антиоксидантная деятельность митохондрий. Биологи давно обсуждали возможность того, что активные формы кислорода, накапливаясь в избытке с возрастом, вызывают разнообразные «поломки» на молекулярном уровне, и таким образом вносят свой вклад в старение. Но ведь может быть и другой механизм: эволюционно отобранная программа прекращения жизни индивида! Мы подробно обсуждаем эту гипотезу в журнале «Успехи геронтологии» - в №1 этого года. Пока что все данные наших экспериментов укладываются в рамки этой гипотезы, хотя многие с ней спорят...

МАЙЯ: Ну что же: значит, нынешние школьники найдут, куда приложить свои силы... Или вы надеетесь в ближайшее время решить сами эту проблему окончательно?

В.П.: Никакая научная проблема никогда не может быть решена окончательно...

МАЙЯ: Результаты работы по вашему проекту, судя по публикациям, дают богатую пищу для размышлений о

фундаментальных проблемах биологии, например: почему эволюционный отбор ограничил срок жизни индивида?

В.П.: Программа, которую организм использует для запуска старения как медленного самоубийства (у этого явления есть специальное название – *феноптоз*), может применяться и в других ситуациях. Очень важный вопрос: как вообще могут существовать подобные генетические программы? Еще в XIX веке Дарвин и другие биологи рассуждали о том, что смерть отдельной особи может быть полезной для семьи или сообщества. В XX веке ученые тоже не раз возвращались к этому вопросу. Некоторое время тому назад я предложил принцип, который можно назвать «самурайским законом биологии»: «лучше умереть, чем ошибиться». В научных терминах этот принцип можно сформулировать так: «Сложные биологические системы (от органелл и выше) снабжены программами самоликвидации, которые активируются, когда данная система оказывается опасной для любой другой системы, занимающей более высокое положение в биологической иерархии». Это означает, что если организм оказывается в таком состоянии, когда он уже не гарантирует сохранность своего генома и в случае выздоровления может наплодить потомство с дефектами в геноме, само это состояние должно стать сигналом к самоликвидации организма, то есть к феноптозу. Мы рассматриваем старение как такой медленный феноптоз, который запускается довольно рано, причем именно с помощью внутримитохондриальных активных форм кислорода. Поэтому в наших опытах *SkQ* и оказывал столько разных видов благоприятных воздействий.

МАЙЯ: Проект уже сейчас приносит прямую пользу людям и братьям нашим меньшим в виде новых эффективных лекарств. Замечательно, что в вашем проекте выход на создание лекарств происходит без сторонних посредников. В каком состоянии сейчас

находится эта часть проекта? Она ведь тоже выполняется под вашим руководством?

В.П.: Уже созданы опытные образцы капель для глаз, излечивающих катаракту, ретинопатию и ряд других старческих глазных болезней у животных, готовятся клинические испытания подобных капель у человека.

МАЙЯ: Обзорную статью 2007 года вы заканчиваете следующими словами: «Не исключено, что *SkQ* может послужить оружием в «восстании машин» - попытке *Homo sapiens* покончить с тиранией генома и отменить те из диктуемых им программ, которые выгодны для генома, но не выгодны для индивида. ... Отмена их символизировала бы превращение человека в *Homo sapiens discatenatus* (от латинского *catena* - цепи, оковы), что могло бы стать величайшим достижением медицины XXI века». Насколько серьезны подобные перспективы?

В.П.: Если говорить серьезно, то пока можно твердо заключить лишь одно: *SkQ* - наиболее активный из известных геропротекторов. Он снижает смертность на ранних и средних этапах старения, предотвращает появление большой группы старческих дефектов. *SkQ* способен продлевать молодость. Мы думаем, это происходит от того, что прежде всего он препятствует развитию процессов уменьшения с возрастом количества функционирующих клеток в органах и тканях.

ЗАМКНУТЫЕ ЦИКЛЫ

В ГОСТЯХ У ПРОФЕССОРА ЧУКА –
в марте 1985 года

Заседание 74-е
"Замкнутые циклы"



ВЕДУЩИЙ: В эфире научно-популярная программа для школьников - Семинар нерешенных проблем!

(Песня)

(Песня стихает, вступает предсеминарский шумок: разбирают почву, двигают стулья, переговариваются, смеются)

КЛАРА: (продолжая рассказ) ...школьники подмосковного академгородка Пущино озабочены экологическими проблемами своего города, пытаются придумать, как защитить окружающую среду от разрушения. В начале февраля ребята провели – конечно, с помощью взрослых – настоящую научную конференцию о проблемах экологии. Некоторые из выступлений мы с вами сегодня услышим!

СТ.СТ.: Замечательно, просто здорово, вы молодец, Кларочка!

КЛАРА: (смущенно). Да что вы, Степан Степаныч ...

ВАРФ.: Дети – это не серьезно ... (возмущенный реажж) Коллеги, коллеги, не возмущайтесь, пожалуйста! Охрана окружающей среды – слишком серьезное дело, чтобы его решать детям. Начиная с 70-х годов,

Вычислительный центр Академии наук СССР разрабатывает математические модели воздействия человека на природу. Это – действительно серьезное дело ...

ЧУК: Вы имеете в виду математическую модель биосферы, которую наши математики назвали «Гея»?

СТ.СТ.: Именем мифологической богини Земли? – Символично!

ВАРФ.: «Гея» может предсказать, как изменятся условия жизни на Земле, ну, скажем, через 50 лет, если концентрация углекислоты в атмосфере увеличится ...

СТ.СТ.: Вы имеете в виду парниковый эффект?

ВАРФ.: Да. Представляете, Степан Степанович ...

МАЙ: (перебивает) Варфоломей, как бы ни была совершенна любая математическая модель, она все-таки призвана помочь человеку наладить гармоничные отношения с природой. Важно, чтобы на земле не осталось ни одного человека, равнодушного к Земле: к деревьям, цветам, рекам ... А для этого совершенно необходимо разбудить у ребят творческую инициативу в решении экологических вопросов!

ВАРФ.: Все, сдаюсь, Майя, ваша сила убеждения непобедима! ... (оживление) ...

ЧУК: Хорошо, давайте послушаем виновников спора. Мы можем это сделать, Кларочка?

КЛАРА: Проще простого. Включаю запись. ... Алеша Андреев рассказывает ... (идет запись детской конференции)

АЛЕША: У меня дома живет прыткая ящерица. Я ее поймал на озере Вилье, которое находится в

Новгородской области, около озера Валдая. Я ее держу в большом стеклянном террариуме. Кормлю я ее мухами, мелкими жуками, кузнечиками, земляными червями. Питается она так. Сначала она, заметив добычу, настораживается, затем срывается с места и хватает ее. После она крупных кузнечиков и жуков долго треплет во рту, время от времени отпуская и обратно схватывая. После обеда ящерица устраивается на солнцепеке, постепенно отодвигаясь от наступающей тени. Если тело сильно нагревается, она бежит и охлаждается или убегает в нору. К заходу солнца скрывается в норе. Летом у нее двадцать градусов тепла, зимой – двадцать шесть – тридцать ...

ВАРФ.: (про себя) Странно, почему так?

АЛЕША: (продолжение записи) мой террариум стоит на подоконнике над батареей, над ним – лампа ...

ВАРФ.: Понятно ...

КЛАРА: После доклада вопросы задавали. ... Вот Алешу спросили, как он определил, что поймал именно прыткую ящерицу ...

АЛЕША: (продолжение записи) Я сам определил по энциклопедии, не по определителю, а по фотографии.

СТ.СТ.: (с сомнением) Но это, я думаю, не точно ...

КЛАРА: Минуточку... включаю запись ...

АЛЕША: (продолжение записи) А тут других ящериц мало обитает в этих местах... (оживление) ...

ВАРФ.: Не очень понятно, какое отношение имеет наблюдение за животным у себя дома к экологии?

КЛАРА: Ну, знаешь ли!

СТ.СТ.: Животное-то ведь дикое, Варфоломей?

МАЙЯ: Это – тренировка наблюдательности и навыков общения с природой.

КЛАРА: Это лишь одно из выступлений! Вот послушайте, пожалуйста, Леву Саркисова!...(оживление)...

ЧУК: Тише, пожалуйста, заседание продолжается, прошу внимания!

ЛЕВА: Мой доклад называется «Биология трех видов амфибий левого берега Оки».

ВАРФ.: Это – другой разговор!

СТ.СТ.: Пушино – на Оке стоит?

КЛАРА: Над Окой, на высоком берегу.

ЧУК: Внимание!

ЛЕВА: Целью моей работы было описать внешний вид и образ жизни всех амфибий, живущих на месте стоянки нашего экспедиционного лагеря 1986 года ...

КЛАРА: Ребята каждый год проводят экспедиции по сбору материала.

ЛЕВА: (в записи) Я проводил работу три дня, это не входило в план работы экспедиции, поэтому так мало. Чтобы описать какой-то вид, мы с Борисом Фишовым отлавливали максимальное количество особей и составляли словесное описание и краткую зарисовку.

СТ.СТ.: И зарисовки показывали во время доклада?

КЛАРА: Да! и рисунки! И слайды ...

СТ.СТ.: Молодцы, ребята.

КЛАРА: Вы слушайте дальше, Степан Степаныч, что демонстрировал Лева во время своего доклада!

СТ.СТ.: Лягушек?!

КЛАРА: Живых, из террариума Института биофизики!

ЛЕВА: (в записи) Мы обнаружили три вида: чесночницу, травяную лягушку, зеленую лягушку, - это не вид вообще-то, это общее название многих лягушек. Мы поймали с Борисом 34 чесночницы, 4 травяных и 5 зеленых. Самая приметная окраска у зеленой лягушки. У нас нет с собой живого экземпляра, поэтому я так скажу. Она имеет темно-зеленую окраску, от кончика носа через все тело проходит светлая полоска. Брюшко имеет более светлый оттенок: это защитная окраска. Когда лягушка смотрится из воды, она незаметна для хищников-рыб. Травяная лягушка, - вон она, у нас есть ее экземпляр, - видите? ...(реагаж на пленке) ... имеет такой темно-коричневый цвет и очень характерные для этого вида темные пятна: около глаз и на ногах. С помощью таких пятен выявляются популяции травяной лягушки. Брюшко имеет также более светлую окраску, но в отличие от зеленой лягушки, на брюшке имеются маленькие коричневые пятнышки ... Такая пестрая окраска брюшка ... Что касается чесночницы, - вот она: это такая пухленькая амфибия. На сером фоне имеются коричневые пятна. Брюшко также более светлое, почти что белого цвета ...

КЛАРА: Ребята наблюдали за образом жизни всех видов лягушек: за кем и в какое время суток они охотятся, кто охотится на них и как они защищаются ...

СТ.СТ.: Прячутся, небось?

МАЙЯ: Конечно: у них у всех защитная окраска ...

КЛАРА: Вот еще интересные наблюдения за лягушками.

ЛЕВА: (в записи) Их основные враги – уж и некоторые птицы, вроде цапель и аистов. Активность у всех трех

видов снижается с понижением температуры: в теплые дни мы поймали больше особей, чем в холодные ... Работы будут продолжаться ...

ЧУК: Ну что же, очень интересно, можно только пожелать ребятам успехов в этой работе!(общее одобрение)

КЛАРА: Ребята наблюдали за жизнью бобров и муравьев, составили определитель окских рыб ...

ЧУК: Неужели в Оке еще рыба ловится?!

МАЙЯ: Гораздо меньше, чем в старину ...

КЛАРА: Да, Майечка, вы очень кстати напомнили про старину! Ребята интересуются не только живой природой, но и археологическими памятниками в окрестностях Пущино и просто историей родных мест, о которой узнают по книгам!

ЧУК: Очень похвально, да, Степан Степаныч?

СТ.СТ.: О чем говорить: просто замечательно!

ЧУК: И что еще хорошо, коллеги: школьники на Детской экологической станции города Пущино хотят сами помочь природе, вернуть ей часть утраченных богатств. Кларочка, вы дадите нам послушать доклад мальчика про замкнутые экологические циклы?

СТ.СТ.: Может быть, кто-нибудь ... может быть, вы, Майя, объясните сначала, что такое замкнутые циклы?

МАЙЯ: Это новое дело, Степан Степаныч ... Рыбоводство как отрасль хозяйственной деятельности человека существует уже много времени. В последние десятилетия укоренилось несколько видов рыбоводства: прудовое, садковое и другие. Во второй половине нашего века встал вопрос об экологических проблемах

использования воды. Многие виды рыбоводства стали испытывать трудности. Перед учеными встал вопрос: как сделать установку, где бы тратилось мало воды. Первый наш советчик – природа. Ученые обратились к природе. Оказывается, на земле существуют биогеохимические циклы. ... Во многих местах из-за нашего нерадивого хозяйствования эти циклы под угрозой! Основные звенья таких циклов: животные, растения и бактерии. Животные, как известно, выделяют органические вещества, а растения потребляют минеральные. Природа устроена так, что бактерии превращают органические вещества в неорганические, минеральные ...

КЛАРА: Ребята обсуждали на конференции слайд, на котором были представлены для примера циклы таких соединений, как азот и фосфор. ... вот этот слайд... (гур-гурчик)... Круговорот азота. Животные выделяют аммиак. Нитрифицирующие бактерии превращают его в нитраты. Процесс, который происходит в бактериях, называется нитрификацией. Затем часть нитратов потребляется растениями. Другую часть – потребляют денитрифицирующие бактерии, которые перерабатывают нитраты в азот атмосферы. Потом азотфиксирующие бактерии, которые располагаются обычно на корнях растений, перерабатывают азот в различные вещества, доступные для растений. Ну, а потом животные потребляют растения и цикл замыкается. ...(гур-гурчик)...

ЧУК: Все правильно, Майя?

МАЙЯ: Абсолютно верно.

КЛАРА: Другой круговорот – круговорот фосфора. Животные выделяют органический фосфор в процессе экскреции. Также умершие животные содержат фосфор в костях и зубах. Затем органический фосфор перерабатывается фосфатредуцирующими бактериями в неорганические фосфаты, и это уже – минеральные вещества, которые потребляют растения. ... Затем цикл замыкается, как и у азота: животные поедают растения. Изучив такие циклы, исследователи пришли к выводу, что их можно использовать в рыбоводстве. Была построена установка замкнутого водоснабжения, - сокращенно УЭЗВ. Вот еще один слайд....(гур-гурчик)...

СТ.СТ.: Сами ребята придумали эту УЭЗВ?

ЧУК: По-моему, еще не совсем придумали?

МАЙЯ: Еще специалистам не все ясно: в Японии есть такие экспериментальные установки, в Германии, в Америке ... У нас этим занимаются в Дмитрове, Калининграде, в Латвии ...

КЛАРА: А ребята собираются построить свою установку: вместе с пущинскими учеными! Вот схема: вода и корм подаются в рыбоводные емкости. Лучше всего использовать - силосы. Это сосуды такой формы ... высотой два-три метра и диаметром полтора – два метра. В таких сосудах оптимальный кислородный режим, максимально поедается корм и другие преимущества перед бассейнами и лотками ... Вода попадает в силос через отверстия в стенке. Затем вода подается на первый этап механической очистки, - там задерживаются минеральные остатки и грубые частицы.

Затем вода поступает в бактериальный фильтр, где аммиак превращается с помощью бактерий в нитраты. Затем вода поступает в денитрификатор, где излишек азота выделяется в атмосферу с помощью денитрифицирующих бактерий... Потом – второй этап очистки – седиментатор: здесь осаждаются ил. Здесь, если достаточно количество бактерий, то этот ил утилизируется, если - недостаточно, то часть возвращается. Потом – растения: их выращивают на гидропонике.

ВАРФ.: А ты не зря, Кларочка, побывала на детской конференции: все помнишь!

КЛАРА: Конечно!

СТ.СТ.: Очень прогрессивный метод выращивания.

ЧУК: Безусловно: экономятся земельные угодья!

МАЙЯ: Но у самого метода гидропонике, коллеги, есть много нерешенных проблем, которыми занимаются целые научно-исследовательские институты ...

ЧУК: Параллельно с практическим применением этих методов, - не забывайте, дорогой биолог!

МАЙЯ: Не спорю ...

КЛАРА: Ребята, например, будут использовать твердый субстрат – винкулин, который впитывает питательные растворы. Затем, пройдя растения, вода попадает на датчики: термометры, пэ-аш-метры, - ребята будут следить за показателями воды ...

ВАРФ.: Настоящая наука!

КЛАРА: Потом вода замыкает цикл, попадая снова в рыбоводные емкости. Надо сказать, что растения испаряют в атмосферу очень много воды, поэтому все-

такі один раз в день придется пополнять этот цикл водой
...

СТ.СТ.: А в общем это рыбоводство не нуждается в пруду или реке?

ЧУК: Нет, Степан Степанович, я так понял: ребята собирают свою установку в обычной комнате, да, Кларочка?

КЛАРА: На первом этаже обычного городского дома.

СТ.СТ.: Интересно. ...*(реагачик)*...

МАЙЯ: Круговорот элементов в этой установке отличается от циклов, что происходят в природе. В этой искусственной системе физиологические процессы, которые происходят в бактериях, ускорены в несколько раз. Здесь условия жизни очень благоприятны.

КЛАРА: Ребята, например, в своей системе будут подкармливать бактерий очищенным куриным пометом. Ну, и создавать также другие благоприятные условия.

ВАРФ.: Чудно: бактерий подкармливать!...*(оживление)*...

МИТЯ ЗАХАРОВ: *(в записи)* Определенные виды растений, которые выращивают на твердых субстратах, требуют своего соотношения элементов, которыми насыщен питательный раствор. Например, томаты: натрий должен относиться к фосфору, к калию, к кальцию, к магнию, к железу, как двести к восьмидесяти, к ста шестидесяти, к двухсот восьмидесяти, к пятидесяти, к шестидесяти, - цифры даны в миллиграммах на литр. Такой раствор можно разбавить или сконцентрировать, главное, чтобы соотношение элементов осталось таким же.

МАЙЯ: Это результаты научных исследований.

МИТЯ:*(в записи)*. Для этого важно подобрать корм для рыб с похожим соотношением. Поэтому основная задача ученых, занимающихся вопросами замкнутых циклов в рыбоводстве, - это подбор оптимальных компонентов для УЭЗВ: различных видов рыб, кормов, растений, бактерий ракообразных, грибов и так далее

...

ВАРФ.: *(мрачно)*. В конце концов окажется, что лучше, чем в природе, не подберешь.

МАЙЯ: Подберем, не беспокойтесь, Варфоломей!

МИТЯ:*(в записи)*. Схема на слайде - не конечный вариант. Это остов, к которому можно присоединять другие звенья. По моему мнению, конечный вариант УЭЗВ должен давать максимальную продуктивность рыб и овощей.

ВАРФ.: Оптимальный вариант без вычислительной техники не рассчитать. Ну, просто руки чешутся: такое дело!

ЧУК: В Пушкино есть научный вычислительный центр: я думаю, его сотрудники помогут ребятам.

ВАРФ.: А почему этим только в Пушкино занимаются и только дети?!

МАЙЯ: Не только дети, и взрослые тоже: в Дмитрове, в Калининграде, в Латвии ...

ВАРФ.: Поеду в Дмитров!...*(оживление)*...

КЛАРА: В будущем замкнутые циклы внедрятся не только в рыбоводство, но и в другие виды сельского хозяйства. Можно будет смывать отходы ферм и пускать по такому циклу.

МИТЯ: (в записи). Мы в своей системе будем выращивать мальков для восстановления популяций Оки....(реагаж)...

ЧУК: Здорово! А каких именно мальков?

МАЙЯ: Карпов, видимо?

КЛАРА: Ребята стерлядь собираются выращивать!

ВАРФ.: Стерлядь в Оке? Сочиняешь!

КЛАРА: Стерлядь в Оке, Варфоломей. Испокон веку ловилась. Только-только перестала: за последние годы всего три штуки поймали.

ВАРФ.: Откуда ты знаешь?

КЛАРА: Так ведь ребята с Детской экологической станции, - они ее сокращенно называют ДЭС, - поддерживают контакты со специалистами-ихтиологами, и с рыбоведами, и с рыбинспекцией ... Во время летней экспедиции ребята помогали ихтиологам контрольные отловы проводить ...

СТ.СТ.: В этом мероприятии и я бы с удовольствием принял участие!...(оживление)...

КЛАРА: Потом каждую рыбку обмерили и описали.

ВАРФ.: А потом?

КЛАРА: А потом – съели. Интересно, а для чего ты думаешь, ребята хотят в Оке стерлядь выращивать? Чтобы в салочки с ней играть? Конечно, ловить и есть! (оживление)

Замкнутые циклы внедряются не только в рыбоводство. В них в 20 раз снижено потребление воды, безотходная технология, использование площадей, не пригодных для земледелия, повышена продуктивность рыб и овощных культур от двух до двадцати раз.

МИТЯ: (в записи). У нас в ДЭС будет создаваться такая установка, и наша задача – подобрать оптимальные компоненты для такой установки.

ЧУК: Ну что же, спасибо, Клара, вы нас познакомили с очень интересным материалом. Надеюсь, доклады школьников, прозвучавшие на сегодняшнем заседании Семинара нерешенных проблем, заинтересуют и детей, и взрослых. ... Хотелось бы услышать мнение наших слушателей: как им понравился проект пушинских ребят? А может быть, похожие дела есть и у других заочных участников нашего Семинара? Ждем ваших писем! Ну, а тем, кто еще не включился активно в полезную деятельность, очень советуем поспешить. ... XXI-й век не за горами. И как вы будете жить в нем, главным образом зависит от вас же самих. Труд и творчество старших поколений создали космические корабли и вычислительную технику, победили многие заболевания. ... Как пойдет дело дальше, зависит, мои юные друзья, от вас, от вашего труда, от вашего творчества ...

МАЙЯ: Очень важно привыкать с детства вносить творческий элемент в любую деятельность!

ВАРФ.: Увы, Майечка, к сожалению, довольно часто приходится поступать точно по инструкции: на многих видах современного производства без этого не обойтись.

МАЙЯ: И в школе на уроках тоже, Варфоломей, никто не спорит. ... Но тем более нужно использовать свободное время для творческой деятельности: без этого в XXI-м веке нечего делать!

СТ.СТ.: Академик Петр Леонидович Капица говорил, что неумение людей использовать свой достаток и досуг может стать для человечества не менее опасным, чем гибель от всеобщей атомной войны...(обсуждение)...

ЧУК: Это очень серьезная проблема, Степан Степанович, думаю, мы еще не раз будем возвращаться к ней на наших семинарах. А пока я хочу предоставить слово Майе для объявления. Прошу вас.

МАЙЯ: Дорогие ребята, биологической отделение Всесоюзной заочной математической школы объявляет прием для ребят, которые заканчивают в этом году восьмой класс. Прием, как обычно, по конкурсу. Нужно ответить на пять вопросов. Вопросы очень интересные. Например, есть такой вопрос: какие функции выполняет хвост у разных видов позвоночных животных? Какие приспособления выработали растения и насекомые для жизни в пустыне? Срок присылки ответов – 1 сентября. Всем восьмиклассникам, кто интересуется поступлением в Заочную биологическую школу, мы можем выслать конкурсные вопросы. Напишите нам по адресу: 113326. Москва. Радио. Детская редакция. Профессору Чуку.

ЧУК: До свидания! До следующей встречи в эфире!

(Песня)

В ГОСТЯХ У ДОКТОРА ЖИГИНА – летом 2009 года



Алексей Васильевич Жигин:

Родился 15 февраля 1959 г. в г. Семипалатинск. Окончил в 1981 году Московскую сельскохозяйственную академию им. К.А. Тимирязева по специализации рыбоводство. С 1981 по 2002гг. рыбовод, главный рыбовод индустриальных хозяйств аквакультуры на базе УЗВ в Московской обл. С 2002 по 2004 г.г. главный научный сотрудник лаборатории воспроизводства ракообразных Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО). С 2004 по н/в работа на административных должностях Минсельхоза РФ, рыбопромышленных компаний.

В 1988 г. защитил кандидатскую диссертацию «Технология выращивания товарного карпа в установке с замкнутым циклом водоснабжения». В 2002 г. - диссертацию доктора сельскохозяйственных наук «Пути и методы интенсификации выращивания объектов аквакультуры в установках с замкнутым водоиспользованием». Автор 94 научных работ, в т.ч. 11 изобретений. Соправтор зарегистрированной породы рыб – тилапия «Тимирязевская». Работы с его участием отмечены двумя серебряными медалями ВДНХ СССР, дипломами и грамотами других выставок, в т.ч. зарубежных.

Зам. председателя научно-консультативного совета по индустриальному рыбоводству ФГУ «Межведомственная ихтиологическая комиссия» (2002г.), член диссертационного совета зооинженерного факультета МСХА (2007г.), член редколлегии журнала «Рыбпром» (2008г.), почетный работник рыбного хозяйства (2009г.), ветеран труда (2009г.).

Алексей Васильевич Жигин ознакомился с обсуждением проблемы «Замкнутые циклы» на семинаре профессора Чука и дал интервью на эту тему журналистке **Кларе** и биологу **Майе**.

МАЙЯ: Алексей Васильевич! 25 лет назад мы говорили на семинаре профессора Чука, что в нашей стране, так же, как в Германии, Америке и Японии, создаются экспериментальные установки для выращивания рыбы в условиях замкнутого водоснабжения. Ученые трудились над проблемой оптимального подбора видового сообщества такой установки: рыб, высших и низших растений, бактерий, ракообразных, моллюсков и т.д.

КЛАРА: Еще я помню, тогда говорили очень серьезно о проблеме **кормов:** составляли специальные рецептуры для разных случаев.

А.В.: Действительно, поскольку в бассейнах отсутствует естественная пища, такие корма должны быть полноценны, т.е. содержать все необходимые питательные вещества (белки, жиры, углеводы, витамины, микроэлементы и т.д.) в том количестве, которое требуется для полноценного развития и роста гидробионтов. При этом для каждого вида рыб и даже для одного вида, но разного возраста, требуется использование различных кормов. Если карп или тилапия могут обойтись относительно низкобелковыми кормами (23-25% животного белка), то хищные рыбы, например, форель, сом, требуют более высокого его содержания (от 30% и более). Молодь рыб также требует повышенного содержания животного белка – до 45-50%.

МАЙЯ: Алексей Васильевич! 25 лет назад специалисты обсуждали перспективы автоматизации систем контроля и управления такими установками. Каких успехов добились ученые за это время?

А.В.: За последние 20 лет исследования замкнутых систем в аквакультуре развивались в нескольких направлениях. Одно из направлений - совершенствование используемого оборудования

для очистки и подготовки оборотной воды в целях компактности и экономичности, позволяющих снижать капитальные и эксплуатационные затраты. В частности нами предложено использовать в качестве субстрата для развития микроорганизмов (активного ила), очищающих оборотную воду, крупнопористый плавающий наполнитель из инертного материала – полиэтилена. Такой субстрат, обладая обширной разветвленной поверхностью пор позволяет создать большую разветвленную поверхность для развития активного ила в сравнительно небольшом объеме биофильтра. Это позволило в 3-5 раз сократить его объем без ущерба для качества воды, а также исключить заиливание (засорение) субстрата и необходимость его периодических промывок. Несколько позднее для этих же целей специалисты ВНИИПРХ предложили использовать мелкие полиэтиленовые гранулы. Сегодня применение плавающего наполнителя для биофильтров промышленных УЗВ переняли и зарубежные специалисты. Оно стало обычным явлением и широко используется.

КЛАРА: Замечательно!

А.В.: Важным этапом стала разработка теоретических и практических основ оксигенации оборотной воды...

МАЙЯ: Вы имеете в виду насыщение воды кислородом?

А.В.: Да, насыщение воды чистым кислородом, в специальных сооружениях – оксигенаторах позволило в несколько раз увеличить плотность посадки выращиваемых гидробионтов при сокращении расхода оборотной воды до 10 раз! А это – уменьшение мощности насосов (расхода электроэнергии), диаметра трубопроводов, объема сооружений водоподготовки. Большой вклад в это направление внесли сотрудники под руководством В.В. Лавровского - профессора кафедры аквакультуры Тимирязевской академии. Следующее важное направление - совершенствование существующих технологий

культивирования и расширение перечня видов выращиваемых объектов в товарных целях.

МАЙЯ: И здесь тоже появились заметные достижения?

А.В.: Да, например, благодаря использованию замкнутых систем, удалось разработать и внедрить технологию культивирования гигантской пресноводной креветки в Астраханской области. Этот тропический вид погибает уже при температуре 14°C, поэтому его зимовка даже в условиях юга России невозможна. Разработанная технология позволяет содержать маточное стадо креветок в зимнее время в теплых помещениях условий УЗВ, получать там молодь и высаживать ее с наступлением весеннего тепла в пруды. За теплый летний сезон креветки вырастают до 20-40 грамм.

КЛАРА: Так их уже в пищу можно использовать!

А.В.: Благодаря замкнутым системам впервые в нашей стране удалось начать промышленное выращивание другого тропического объекта – африканского клариевого сома. И не где-нибудь, а в рыбноводном хозяйстве Новолипецкого металлургического комбината. Наконец, еще одно важное направление успешного применения УЗВ – это разработка технологий воспроизводства и получения молоди ценных, редких и исчезающих видов гидробионтов (угорь, камчатский краб, судак и др.).

МАЙЯ: Думаю, это многих заинтересует, Алексей Васильевич! Расскажите, пожалуйста, об этом подробнее.

А.В.: В последнее время избыточный промысел и ухудшение экологической обстановки в Мировом океане привели к значительному снижению численности популяций камчатского краба на Дальнем Востоке. В девяностые годы резко увеличилось изъятие краба за счет браконьерского лова. В результате камчатский краб уже практически потерял промысловое значение для целого ряда районов на Дальнем Востоке, включая Приморье,

Сахалин и Курилы, где плотность его скоплений подошла к уровню, не обеспечивающему естественного воспроизводства.

КЛАРА: А запреты на промысел не помогают?

А.В.: Ограничение и даже полный запрет промысла краба (в частности, на Южных Курилах в течение 1975-1987 гг.) не привели к восстановлению его численности. Так, в результате чрезмерного промысла и интенсивного браконьерского лова численность западно-сахалинской популяции в период 1995-2000 г. сократилась с 2703 до 573 тыс. экз. В настоящее время официальный вылов камчатского краба у побережья Сахалина и Курильских островов не превышает 600 тонн и по-прежнему имеет тенденцию к снижению.

МАЙЯ: Помогает искусственное выращивание? Но ведь здесь речь идет не о прудовом хозяйстве, а о хозяйстве океанического масштаба?

А.В.: Сотрудники ВНИРО вот уже семь лет работают над созданием и дальнейшим совершенствованием биотехники воспроизводства камчатского краба. Условия УЗВ помогают ученым обеспечить необходимые стабильные условия для содержания производителей, нереста, выращивания личинок и подращивания мальков с целью их последующего выпуска в естественную среду обитания. Если в природных условиях после прохождения планктонных стадий выживает и оседает на дно только 1-2% личинок, то выживаемость камчатского краба в УЗВ до первой ювенильной стадии составляет не менее 20 – 30 %. При этом достигнуто сокращение сроков личиночного периода в 1,8 – 2,5 раза.

КЛАРА: Здорово!

А.В.: Сотрудники Калининградского государственного технического университета ведут исследования по выращиванию в условиях УЗВ молоди судака Куршского залива в целях дальнейшего получения товарной продукции. Поскольку

значительного увеличения его вылова в естественных водоемах ожидать не приходится, а спрос на него растет.

МАЙЯ: Удалось ли уже в каких-нибудь направлениях перейти от экспериментов к промышленному производству?

А.В.: Успешно развивается товарное осетроводство! Российские специалисты обладают опытом разведения и выращивания в условиях УЗВ белуги, русского осетра, севрюги, стерляди, шипа, амурского осетра, калуги, сибирского осетра и ряда их гибридов. Кроме того, в нашей стране разработана технология выращивания в УЗВ молоди веслоноса, который относится к отряду осетрообразных и был завезен в Россию из США..

МАЙЯ: А можно дать какие-нибудь количественные оценки, насколько эффективно используются разработанные учеными технологии на практике?

А.В.: Благодаря кропотливой многолетней работе ученых появилась возможность построить крупнейшее в стране осетровое хозяйство на базе УЗВ-технологий в Калужской области. Его проектная мощность составляет 300 тонн товарной рыбы и 16 тонн пищевой черной икры в год.

КЛАРА: Алексей Васильевич, не могли бы вы назвать еще какие-нибудь организации или даже целые регионы, которые достигли наибольших успехов в использовании УЗВ? И в чем именно?

А.В.: Этим направлением достаточно успешно занимаются специалисты астраханского Центра осетроводства «БИОС», Южный центр РАН, ряд иностранных компаний в США, Германии, Франции, Китае и других странах. Следует особо отметить опыт работы Волгоградского осетрового рыбноводного завода, который показал, что содержание производителей русского осетра в условиях УЗВ существенно повышает эффективность получения зрелых половых продуктов. Количество созревших самок на протяжении 1997-99 г.г. составляло 85-88%, а самцов - 96-98%. При этом количество самок, отдавших

доброкачественную икру, по сравнению с садковым содержанием, увеличилось с 85-88 до 92-97%, а процент оплодотворения икры с 70-75 до 87-88%.

МАЙЯ: А кроме осетровых?

А.В.: На сегодняшний день в России помимо осетровых циркуляционные установки использовались для культивирования карпа, форели, растительноядных рыб (амура и толстолобика), угря, налима, раков, молоди пеляди, стальноголового лосося и кеты, судака. УЗВ позволили осуществлять в наших условиях опытно-промышленное выращивание теплолюбивых тропических видов гидробионтов: гигантских пресноводных креветок, канального и клариевого сомов, тилапий, колоссомы. Проведены работы по созданию солоноватоводных и морских циркуляционных систем для воспроизводства морских видов: бычка-кругляка, камбалы-калкана, кефалей, а также холодноводного морского объекта - камчатского краба. Это далеко не полный перечень выращиваемых в нашей стране гидробионтов в циркуляционных системах. Уровень освоения технологии культивирования этих и других гидробионтов в УЗВ находится на разных этапах, но их широкий спектр показывает, какими огромными потенциальными возможностями в плане видовой разнообразия культивируемых объектов обладают установки с замкнутым водоиспользованием.

МАЙЯ: Алексей Васильевич, а какое из направлений работы в этой области вы бы отметили, как ключевое?

А.В.: Возможно ключевое направление связано с экологическим аспектом. Помимо сокращения сброса отработанной воды в окружающую среду, в установках с замкнутым водоснабжением можно очень быстро и с хорошими результатами культивировать гидробионтов исчезающих видов, создавать их маточные стада в кратчайшие сроки, с целью получения жизнестойкого потомства и выпуска его в естественный ареал. А дальше уже можно

выращивать нужные виды до товарных размеров, снижая промысловую нагрузку на естественные популяции. Более широкое использование замкнутых систем при культивировании редких и исчезающих видов гидробионтов может способствовать быстрому восстановлению их численности. Ярким примером в этом смысле являются осетровые, с которыми Россия вступила в XXI век с очень серьезными проблемами.

КЛАРА: Разве их еще не всех выловили?!

А.В.: Нет, но в настоящее время вылов осетровых сократился катастрофически: до нескольких сотен тонн в год. С 2002 года прекращен промысел на Азовском, а с 2003 года и на Каспийском бассейне. Вылов осетровых здесь разрешен только в целях проведения научных исследований и воспроизводства.

МАЙЯ: Алексей Васильевич, ваши исследования почти напрямую связаны с практической реализацией их результатов. Что уже удалось сделать для спасения осетровых?

А.В.: Резкое сокращение численности популяций осетровых видов рыб заставило специалистов аквакультуры в ускоренном режиме создавать их искусственные маточные стада. Оказалось, что использование теплых вод позволяет значительно ускорить половое созревание производителей и наиболее эффективно эта задача решается в установках с замкнутым водоиспользованием. Специалисты ВНИИПРХ, показали, что в УЗВ стерлядь созревает в возрасте 2-3 лет, а повторное получение половых продуктов возможно уже через 6 месяцев после предыдущей нерестовой кампании. При содержании сибирского осетра в условиях УЗВ созревание самцов был ускорено до 3,5-4 лет, самок - до 4-5 лет.

КЛАРА: А в природе?

А.В.: В природе самцы этих видов созревают соответственно на 4-5 и 10-11 году жизни. Самки – на 7-9 и 13-14. А такая ценная рыба, как белуга должна расти в среднем от 15 до 22 лет. Очень важно, что у большинства используемых в интенсивной аквакультуре

видов осетровых, в отличие от естественных условий обитания, самцы и часть самок способны созревать ежегодно. Одна из самых насущных задач в этом направлении – детальное исследование скорости созревания производителей различных видов осетровых рыб в условиях УЗВ.

КЛАРА: А если научиться так быстро выращивать осетровых, то может быть использовать эти методы не только для восстановления их естественной популяции?

А.В.: Конечно! Проблема ускоренного и регулируемого созревания производителей тесно связана с созданием специализированных стад для прижизненного получения черной пищевой икры. На повестке дня стоит отработка получения пищевой икры в регулируемых условиях УЗВ, что даст возможность управлять процессом созревания производителей, уйти от сезонности работы, осуществлять процесс получения икры круглогодично.

КЛАРА: Здорово! А результат скоро будет?

А.В.: Результаты уже есть. Основным объектом культивирования стал гибрид белуги и стерляди – бестер, показавший неприхотливость и высокую скорость роста в условиях тепловодного рыбоводства. Гибрид был создан специалистами ВНИРО под руководством профессора Н.И. Николюкина в начале 60-х годов прошлого века. В нем удачно сочетаются быстрый рост белуги и раннее половое созревание стерляди. Сейчас с ним успешно продолжают работать сотрудники ВНИРО на опытно-промышленной УЗВ в г. Дзержинский Московской обл.

МАЙЯ: Алексей Васильевич, а как обстоят дела с осетровыми на Амуре?

А.В.: Такая же удручающая картина, как и на Каспии: если в конце XIX века вылов в бассейне реки Амур достигал 1000-1200 тонн, то в течение XX века за счет браконьерства и ухудшения

экологической ситуации, российский вылов сократился в 2003 году примерно до 56 тонн.

КЛАРА: Сейчас много пишут о загрязнении вод Амура.

А.В.: В наши дни загрязнены воды очень многих естественных водоемов, поэтому качество рыбы, вылавливаемой в естественных условиях обитания, действительно, весьма неудовлетворительно. Справиться с этой проблемой тоже могут помочь установки с замкнутым водоснабжением. Изоляция технологического цикла в УЗВ от внешних воздействий обеспечивает получение экологически чистой рыбной продукции.

МАЙЯ: А какие нерешенные проблемы особенно волнуют специалистов в наши дни?

А.В.: Задача управления репродуктивными процессами организма гидробионтов тесно связана с созданием управляемой «искусственной зимы» в целях круглогодичного стимулирования созревания производителей различных видов рыб, в том числе осетровых. Именно установки с замкнутым водоиспользованием и позволяют широко варьировать температурными условиями их содержания. Серьезной проблемой остается стоимость таких крупных рентабельных рыбоводных комплексов, поскольку изначально они требуют вложения значительных финансовых затрат. Только крупные и устойчивые в экономическом плане организации могут позволить себе создание подобных производств. К сожалению, в нашей стране не налажен выпуск серийного оборудования для комплектации рыбоводных установок, снабжения их отечественными комбикормами. Не смотря на то, что наши научные разработки в этой сфере зачастую превосходят зарубежные аналоги, все это сегодня поставляется нам из-за рубежа. Однако постепенное решение стоящих вопросов, а также работа ученых по дальнейшему технологическому и техническому совершенствованию УЗВ позволит решить и эти проблемы.

КЛАРА: Алексей Васильевич, в прошлом веке мы высылали ребятам ссылки литературы по почте, но теперь ведь появился Интернет. Какой научно-популярный сайт можно им посоветовать?

А.В.: Тем ребятам, которые интересуются этим вопросом, достаточно набрать в «Поиске» несколько ключевых слов: рыбоводные установки, установки с замкнутым водоиспользованием, циркуляционные системы. Об УЗВ можно прочитать на сайтах, посвященных аквакультуре. В качестве примера можно посоветовать www.catfish.lv или www.akvaorel.ru

**ВОСПОМИНАНИЯ ДОКТОРА ПОТАПОВОЙ
О ЛОП И НЕКОТОРЫЕ РАЗМЫШЛЕНИЯ
ПО ЭТОМУ ПОВОДУ
– летом 2002 года**

Последние десятилетия мир взбудораженно гудит, обсуждая экологические проблемы: хватит ли будущим поколениям природных ресурсов, выдержат ли природные системы Земли те горы и моря грязи и отходов, которыми заваливает их монстр промышленного производства, сохранят ли воды Земли и ее атмосфера свои живительные свойства и не станут ли они мертвыми для человека и братьев наших меньших.

Само возникновение этих проблем, как мудро отмечают философы и психоаналитики, есть благо для современного человека, так как нацеливает каждого на серьезную ревизию личных стремлений, на перевод своих личных стрелок с путей достижения материальных благ на рельсы поиска смысла жизни и реализации каждым своего личного призвания на Земле.

Детей очень интересуют проблемы окружающей среды. Им нравится быть по-хозяйски заботливыми с другими живыми существами и радоваться их живости и энергии. Им нравится следить за ростом и развитием живого и помогать этому развитию, объединяя усилия друг с другом для выполнения весьма серьезной работы и усваивая при этом полезные трудовые навыки.

Мне пришлось столкнуться на своем опыте с интересной ситуацией. Учительница рассказывает мне о родительском собрании: родители счастливы и спрашивают взволнованно, что мы такое делаем с детьми, - то их за книжку бывало не засадишь, а тут сами роются в книжных полках, ищут нужные им книги, обмениваются друг с другом, требуют от родителей новых книг. - Родители счастливы! ... Что же мы, действительно, такое сделали с детьми?

В конце 80-х годов мои друзья в подмосковном Пущино (центр биологических исследований Академии наук), вдохновляемые идеями Аурелио Печчеи о развитии человеческих качеств как гаранте устойчивости человечества против экологических проблем, организовали частное предприятие «Лаборатория оптимизации природопользования» - сокращенно ЛОП. Заключали договора с разными организациями на выполнение работ смешанными коллективами ученых и детей. ... Да, представьте себе, - такими вот трудовыми коллективами! Было выполнено за 6 лет почти 40 таких договорных работ. Заказчиками ЛОП были Пущинская экспериментальная школа и отдельные институты, серпуховская рыбинспекция, ЦК ВЛКСМ и дирекция лагеря «Кипарисный» из системы «Артека», РИПКРО и Минэкологии РФ, Центральное телевидение и Минобразования РФ, фонд ИСАР, американские центры CVC и Steewezant... Всего в роли исполнителей работ испытали себя (и вполне успешно) несколько десятков детей и взрослых, а участниками этих проектов было более 600 человек.



Концепция ЛОП принадлежала Константину Борисовичу Асланиди и заключалась в том, что экологические знания детям давать бессмысленно, им нужно давать мотивации к деятельности по исследованию и восстановлению природы и навыки такой работы. И лучше всего это делать в режиме наставничества: взрослый умело и с удовольствием выполняет один из видов такой работы, а ребенок стоит на подхвате и усваивает массу полезного.



И все было замечательно. Дети, действительно, увлеченно работали и гордились приобретенными навыками и с удовольствием передавали их более младшим и менее умелым.



На средства от выполненных проектов с помощью институтов Пушинского научного центра и безвозмездного труда родителей и друзей был создан к 1992 году потрясающий учебный центр ЛОП. На площади 100 кв. м по авторскому проекту все того же неустомимого К.Б. Асланиди были размещены 3 климатрона с растениями и декоративными птицами (несколько десятков видов, в расширенных и переоборудованных оконных витринах, то есть доступных для наблюдений с улицы всеми желающими) и аквариальная: (30 аквариумов и десятки видов рыб, моллюсков, ракообразных и водных растений, как декоративных, так и местных окских).



Были оборудованы мастерская и химико-аналитическая лаборатория, укомплектована микроскопная и изготовлены приспособления для биомониторинга. Была собрана тематическая библиотека из 2000 названий книг, брошюр и журналов. ... И вот тут оказалось ...

Мы думали, что увлеченность делом заставит детей читать. Не тут-то было. Не хотели дети читать. Осознав, что это, действительно, серьезная проблема, мы подошли к ней с тех же позиций, что и ко всем остальным. Стали работать над созданием у

детей мотиваций к этому виду деятельности и обучать необходимым навыкам в ходе выполнения конкретных проектов.

Например: проект «Рассада-89». Выращиваем дружно вместе (6 взрослых и 30 детей) рассаду в арендованной у школы теплице на продажу. Детям даем задание: выбрать из справочников и журналов сведения о наших видах овощей и подготовить рекламные листки для раздачи покупателям. Делают. (Помогаем, конечно!). А как торговать на рынке? - Это ведь всего лишь 1989 год! - Приношу на занятия том Броделя. Пересказываю детям историю рыночных отношений, - комплекс перед непривычным видом деятельности снимается. Помогла книга.

Проект «Телевидение -90». Я готовила для редакции «До 16 и старше» Центрального телевидения сценарий 1-го выпуска программы «Экологический бумеранг», а дети готовились к командным соревнованиям с киевлянами. Здесь был такой мощный эмоциональный фон, что дети и статью Андрея Дмитриевича Сахарова изучили «Мир через полвека», и труды Вернадского проштудировали и еще массу книг и пособий!

А вот последнее наше артековское лето. В июле 1990 года Владимир Николаевич Торшин, директор пионерлагеря «Кипарисный», организовал «греческую смену»: все дружно играли в Древнюю Грецию. Каждый отряд перевоплотился в один из греческих полисов и время от времени демонстрировал другим свои нравы и обычаи. Команда К.Б. Асланиди, вообще-то говоря, 3 года подряд ездила в «Артек» по делу: разворачивали экологическую лабораторию с помощью привезенного с собой из Пушино-на-Оке оборудования, проводили занятия с артековцами, занимались исследованиями местной флоры, фауны и геоморфологии. Однако, директор велел ко всему этому еще и перевоплотиться в Спарту и всех прочих с нравами и обычаями Спарты ознакомить. И не как-нибудь там тяп-ляп. Торшин, по

образованию историк, для начала предложил нам изучить Плутарха... Вслед пошли все исторические сочинения из артековской библиотеки, где хоть под каким-то предлогом упоминалась Спарта.

Мы ликвидировали свою безграмотность. И ощутили себя патриотами Спарты. И оценили в полной мере подвиг Ликурга... Обычно рассказы об этой истории вызывают бурю негодования: мол, спартанцы детей в пропасть сбрасывали, илотов бедных походя убивали! Но мы с детьми пришли к убеждению, что все наговоры против Спарты крайне несправедливы. Плутарх, безусловно, отдавал Ликургу предпочтение перед Платоном и Аристотелем: ведь эти двое только придумали идеальное государство, а Ликург его создал, в нем жил и такие правила государственного устройства согражданам оставил, что государство еще 400 лет простояло, и лишь империя Александра Македонского смогла его победить.

Тогда в июле 1990 года дети сами пришли к убеждению, что все нападки на Спарту – результат непопулярности среди власть имущих концепции государственного устройства, созданной и реализованной Ликуртом. Между прочим, концепцию эту Ликург не из пальца высосал - 15 лет по государствам Средиземноморья мотался, опыта набирался. И сам был царского роду-племени, то есть не зависть к вышестоящим его вела.

По разработанному Ликуртом законодательству, согласованному с согражданами и принятому к исполнению, государственная элита в Спарте не имела права обогащаться. Реализовалось это право через систему весьма жестких мер: тяжелые денежные единицы (оболы), фиксированное количество пищи, получаемой как дань от илотов, общественные застоля, где именно эта пища потреблялась прилюдно, запрет на торговую деятельность. Государственная элита имела право на беспредельное совершенствование личных качеств и обязана была

эти качества использовать для защиты от внешних врагов мирного труда илотов, которые, между тем и торговать могли, и обогащаться (они ведь не в виде %% от своей собственности дань платили, а фиксированную квоту!). И признания своей роли в успехах страны Ликург умело избежал: он ушел в Дельфы к оракулу, передал через посланника, что все правильно идет, и не вернулся.... Так пишет Плутарх.

Следом за греческой сменой была все в том же «Кипарисном» совместная работа с американскими педагогами и школьниками из штата Коннектикут. Уезжая, они подарили нам американский бестселлер 1988 года - небольшую в яркой обложке книжку «50 простых советов каждому, как беречь Землю». После отъезда американцев пушинские ребята почти весь август проводили с моей помощью семинары по этой книге для очередной артековской смены - детей из экологически неблагоприятных регионов. Тогда мы все вместе поняли, как нужны книги, в которых экологические проблемы излагаются на доступном для детей языке. Тогда же я убедилась, как эффективно передаются самые сложные знания и представления от ребенка к ребенку.



С удовольствием сошлюсь в этом месте на замечательного психиатра и психоаналитика Франсуазу Дольто:

«Необходимо реабилитировать энергию стариков и детей. Дети могли бы заниматься с малышами, особенно – с чужими. У некоторых детей просто организаторский талант. Они не имеют над чужими детьми никакой власти, но могут аккумулировать энергию, предоставляют агрессивным - и даже опасным для меньших - детям возможность высвободить свою энергию и направить в ином направлении».

Примерно тогда же издательство «Московский рабочий» заказало нам экологическую энциклопедию. В ходе работы родилась идея: сделать книгу в несколько уровней сложности. ... Вопрос: что писать для самых маленьких? Не знакомить же их с продуцентами, консументами, регрессиями, сукцессиями или даже с нашей обожаемой оптимизацией природопользования ... Позвала на помощь школьников. Сели вокруг стола. Стали вместе думать, о чем можно написать в книжке для малышей про экологические проблемы и как составить для них словарь? Дети - прелесть! Они у нас уже к этому времени на любое дело кидались как гончая на дичь. Создали мне словарь. **Аквариум, банки и бутылки, баба-яга ... мама, papa,** ... и т.д. и т.п. Я поначалу ошалела от такого «экологического» словаря. Но когда мы общими усилиями впихнули в этот набор слов все то содержимое, которое следовало бы предложить малышам для усвоения, и это содержимое в этом наборе слов очень-таки уютно разместилось и даже нам весело хвостиком помахивало ... Я смирилась, махнула рукой и отдала получившуюся «Экологическую азбуку» надежным деловым партнерам ЛОП - воспитателям пуцинских детских садов - на апробацию. Книгу приняли. Попросили через какое-то время некоторые детали убрать и немного добавить ключевых слов. И все. С тех пор у ЛОП появилась своя книга: «Экологическая азбука

для детей и подростков». В 1995 г. она даже увидела свет и разошлась по нему тиражом 10000 экземпляров.

А в 1992-93 учебном году я по просьбе Татьяны Михайловны Великановой проводила с ее 3-м классом в 57-й московской школе вместо уроков природоведения занятия по этой книге. Книга еще была в рукописи и детям задания давали на листочках, но занятия проходили очень живо. ... Вот тогда и возникла упомянутая выше ситуация со счастливыми родителями. Проводя в школе апробацию «Экологической азбуки», я разработала на ее основе целую учебную программу «Обучение основам экологии, природопользования и правам человека». По большому счету эта программа - тоже совместное творчество с детьми. Где-то через год ее испытала тоже в 3-м классе (в другой московской школе) Елена Анатольевна Мишина. Елена Анатольевна готовилась к защите второго диплома, по психологии, и провела ряд тестов, которые показали, что благодаря нашей программе предмет природоведение быстро вышел на 1-е место, обогнав традиционно интересные для детей язык и математику. А кроме того, заметно вырос показатель интереса детей к школе. Елена Анатольевна объясняла мне эти эффекты тем, что для детей начальной школы самое интересное: (1) исследовать свое окружение и (2) развивать языковые средства.

Где-то в недрах Ленинской библиотеки я встретила описание результатов американских исследований о том, что словарь человека развивается скачками, точнее, замкнутыми циклами. Авторы утверждали, что есть несколько словарей, каждый из которых полностью описывает мир в представлениях определенной возрастной категории. При переходе от одного словаря к другому не просто добавляются новые слова, но, - и это очень важно! - меняется смысловая нагрузка слов предыдущего уровня. ... Жаль, что поток жизни далеко унес меня от исследований на эту тему, но сам вывод я приняла сразу и

безусловно. И еще раз с благодарностью поклонилась в душе детям, которые с такой щедростью вложили в создание нашей «Экологической азбуки» эти представления о развитии словаря, естественные для их возраста и - увы! уже чуть было не утерянные мной.

Мы опасно небрежны в отношениях к детям. ...

Еще раз сошлюсь на Франсуазу Дольто:

«...я поняла, что дети стоят у истоков знания. Они задают настоящие вопросы. Они ищут ответы, которых нет у взрослых. Чаще всего взрослые хотят понять детей для того, чтобы над ними господствовать. А им следовало бы почаще прислушиваться к детям: тогда бы они обнаружили, что в нашей жизни, простирающейся куда шире семейных и социальных страданий и драм, все тяготы которых дети делят с нами соответственно своему возрасту и природным дарованиям, именно они, дети, владеют ключами от любви, надежды, веры.»

Дети с огромным интересом относятся к языку, активно участвуют в различных играх со словами, выполняют с энтузиазмом довольно сложные языковые упражнения. Мы написали книгу, которая отвечала интересам детей, книгу, в которой они находили ответы на сегодняшние вопросы и попутно пишу размышлений о том, что происходит где-то, было или будет когда-то. Едва освоив чтение, дети уже с удовольствием работают с этой книгой самостоятельно. В 9-10 лет они выполняют самостоятельно довольно сложные задания.

Например, летом 1995 года под моим руководством четыре старшеклассницы, из тех, что когда-то помогали создавать «Азбуку», тренировали 16 новеньких школьников 3-5 классов на роль наставников для малышек. Новеньким выдали на руки по экземпляру «Азбуки», после чего пишу для размышлений, материал для зачетов и занятий с малышами каждый находил в книге сам. С книгой работали как со справочным пособием, в

результате чего сами не заметили, как изучили ее от корки до корки вдоль и поперек и прекрасно усвоили содержание, как показали зачеты и собеседования в конце смены.

Сейчас мы расширили эту книгу и дополнили ее системой тестов для самостоятельной проверки ребенком, насколько успешно усвоил он представления того или другого уровня сложности. Учитывая веяния времени, хорошо бы дополнить книгу CD-ROMом, чтобы дать возможность ребенку поработать с теми же текстами в интерактивном режиме, но никак руки не доходят...

К сожалению (а может быть и к счастью), учитывая нелинейность современного мира, мы все вместе с вами, хоть умри, не напишем учебников, по которым современные дети, прочитывая последовательно по 1-2 страницы в день и таким путем «восходя к вершинам знаний», действительно, получают полноценное образование и воспитание для счастливой жизни в будущем, которого мы, - будем честными! - сегодня предсказать не можем.

Самое лучшее, что мы можем сделать, это научить ребенка работать с книгой. Но для этого, еще раз повторю, где-то в начале обучения нужны особым образом построенные книги, приспособленные для активной самостоятельной работы с ними ребенка. ... И еще. В любом случае, как бы ни была сама по себе хороша такая книга, ребенок вряд ли сам легко и просто научится читать, постигая смысл написанного. Любящий наставник должен научить ребенка выделять в каждодневной действительности значащие ситуации, ставить проблему, искать варианты ее решения и выбирать из них осмысленные и все это делать, на каждом шагу обращаясь к книге - источнику мыслей, оценок, примеров. ... Тогда развивается и укрепляется доверие к книге и потребность чтения.

Я еще в школьном детстве выучила определение, что книга - собеседник, и долго его не воспринимала как лично значимое. К сожалению, я, как и многие мои сегодняшние взрослые соотечественники, ухожу корнями в застойное советское информационно-культурное пространство. Было оно - до безобразия линейным. До такой степени лишенным идейных споров, идейных раздумий, личных поисков ответов на вечные вопросы о смысле жизни, что фраза «книга-собеседник» вызывала ощущение неправдоподобного утверждения. Спасали от душевной деградации природа, песни бардов, беседы с друзьями: зимой на кухне, летом - у костра. Но книги-собеседника в той нашей жизни не было. Тем более не было задачи пользоваться словом для выражения мысли, находить слова, помогающие личности приводить свой внутренний мир в равновесие со своим непосредственным окружением.

Для многих моих сверстников слово «диссидент» - чужое и страшное до сих пор. Для меня это - Сережа (Сергей Адамович) Ковалев - один из научных руководителей моей университетской аспирантуры по кафедре физиологии человека и животных биофака МГУ - человек умный, справедливый, совестливый. Для многих слово «коммунист» - стало чужим и стыдным сейчас. Для меня это - мама и папа, которые берегли меня, любили, лечили и учили, имея на руках партийные билеты и твердую веру, что если честно трудиться и жить по совести, то, вот еще немного потерпеть, и будет все по справедливости... Не знаю, какая работа происходила в клеточках и волоконцах моего мозга, чтобы в них уместились, не мучая меня болью и тоской, сочувствие к Сережиной судьбе и многолетним трудам его жены Люси, которая поддерживала для мужа связь с миром, путешествуя с тяжелым рюкзаком по путям Сережиных мытарств от Вильнюса до Магадана, и рядом - привязанность к маминому и папиному дому, к родной семье. ...Та боль и тоска, которые гнетут душу сейчас,

никак не связаны с тонкостями различий в представлениях о справедливости у моего научного руководителя и моих родителей... Хотя побеседовать мне на эту тему, честно говоря, до сих пор не с кем...И книги такой я пока не встретила... Болит душа о другом: о том, что слово само по себе теряет функцию инструмента со-беседования.

(«И как пчелы в улье опустелом дурно пахнут мертвые слова».)

Не так давно я открыла для себя творчество Льва Семеновича Выготского. Открыла. Для себя. Мне так странно слышать от знакомых психологов и педагогов, что Выготский непонятен (при этом произносятся какие-то жуткие термины, которых я и вспомнить-то вот так с ходу не могу). ...Выготский понимал отчетливо и ясно, что мысль существует отдельно от слова. Мысль не создается словом. Есть работа над словом, работа по выбору и расположению слов, направленная на то, чтобы у создателя словесной конструкции появилось ощущение, что, да, вот! получилось - удачно описана словами мысль. У воспринимающего сию словесную конструкцию другая задача: крутить-вертеть ее, переформулируя другими словами и в другом порядке, пока не появится ощущение восприятия мысли. И то и другое - работа. Два разных вида работы. Обе нужно уметь и хотеть делать. Иначе процесс обмена мыслями не состоится. Ни в устном разговоре, ни при чтении или написании книги. ...

Вообще-то, спасибо Выготскому, мне стало легче жить в атмосфере бессмысленных разговоров. После того, как я поняла отношение Выготского к разнице между мыслью и словом, я прониклась доверием к этому человеку и написанным им словам. Жаль, что нет записей его устных лекций. Потому что сказанные слова и слова написанные по-разному соотносятся с мыслью. Человек, который для выражения мысли может использовать

интонации, звуковые модуляции, паузы и жесты, совсем не те же слова подберет для наилучшего выражения мысли, нежели имея перед собою лист бумаги и перо в руке. ... (Не понимаю все же, как удается людям выразить мысль, выстукивая слова на клавиатуре... Может быть у них другое полушарие активнее? Музыканты ведь творят, стуча по клавиатуре?... Или это - не из той оперы... Ну ладно...). Бессмысленный разговор в рамках представлений Выготского - далеко не повод для карательных санкций. Это разговор, при котором человек использует языковые средства: (а) для самовыражения; (б) для установления эмоционального контакта; (в) для психологического давления...Имеет право...Когда говорит...Но имеет ли право быть бессмысленной - речь письменная? Думаю, что - нет. Хорошо бы, чтобы этого не было. Хорошо бы за письменной речью оставить все-таки функцию выражения мысли словом... Может быть, «*чтобы зло пресечь*» (зло в виде потока бессмысленной словесной продукции), «*собрать все книги бы да сжечь?*» (Не все, конечно, - это безумие... Но половина - того стоит!) А потом издать снова совсем - совсем немногие. Книги-собеседники. Книги-сокровища мысли. И составить список таких книг. И сделать его обязательным для изучения... Мечты-мечты!... Живем в захлавленном информационно-культурном пространстве и удивляемся, что дети не хотят читать книги по школьной программе... А вправе ли, положив руку на сердце, наша школа требовать, чтобы дети в поте лица выполняли ее программы?...Вопрос.

В 70-е годы я с увлечением сотрудничала с отделом науки и фантастики Детской редакции Всесоюзного радио. Под чутким патронажем редактора Валентины Исааковны Ядровой я сотворяла тексты радиопьес для Семинара Профессора Чука. Именно тогда, задолго до знакомства с работами Выготского, я выстрадала в упорном труде убеждение, что устная и письменная форма выражения словом мысли - две большие разницы. Мне пришлось

нарабатывать для себя самой такие правила употребления языковых средств письменной речи, чтобы актеры, читая с листа текст, воспроизводили в студии звукозаписи атмосферу научного спора по поводу той или иной нерешенной проблемы. Тысячи писем из редакционной почты говорили о том, что радиослушатели в результате нашей работы, действительно, приобщаются к источникам научной мысли. И не важно, что в 70-е годы наш Семинар Нерешенных Проблем («В гостях у Профессора Чука») был, по ядовитому замечанию режиссера Володи Шведова, «семинаром нерешенных разрешенных проблем».

Ну, был. Ну, гоняли нас за «космической визой», чтобы в радиоспоре по поводу элементарных частиц наши радиогерои могли обсуждать данные (из научно-популярных журналов!!!) об измерениях скорости света с помощью космических аппаратов... Ну возмущался нами по телефону откуда-то некий полковник: куда это, мол, мы собираемся человека передавать?! - по поводу обсуждения идеи Норберта Винера, что человека можно представить в виде пакета информации, а, значит, и передать на расстояние в бестелесном виде... Все это было. Но это было преодолимо выбором тем и сюжетов. Непреодолимо было содержание школьных учебников.

Когда я, движимая благородным порывом помочь своей радио-деятельностью детям в усвоении школьных программ, окунувшись в школьный учебник физики, - я пришла в шоковое состояние. В школьных учебниках физики напрочь отсутствовали и проблемы, и идеи, и личности, создававшие систему научных представлений о строении мира. Учебники были лишены мысли. А ведь именно создание системы представлений о физических законах, управляющих миром, на протяжении столетий было ареной творческой созидательной работы по воплощению мысли в словах и формулах. ... Это сейчас, на рубеже II и III тысячелетий, арена борьбы за воплощение мысли в слове смещается в область

биологии, этологии, психологии... Причем, быстро смещается, на глазах моего поколения. Сумятица в умах ужасная... Но развивается бурно синергетика, теория рисков и теория катастроф, и «ужас! ужас! Ужас!» превращается в простое «ну, - ужас! ... но ведь не ужас- ужас-ужас!!!» ... Появляются книги Конрада Лоренца и Виктора Дольника, замечательный труд Владимира Павловича Эфроимсона «Генетика этики и эстетики» ... И снова хочется жить, и понимать мир, и искать и находить в нем единомышленников. И не только в книгах находить, но во плоти и крови, чтобы, объединив с ними усилия, испытать радость осмысленной созидательной деятельности не в виртуальной реальности, а на твердой грешной земле... И тогда снова возвращаешься к слову. А как еще, скажите, пожалуйста, объединить усилия с другим человеком, если не через процесс обмена мыслями? Нет, - конечно! чтобы человека, что называется, надурить, использовать как ресурс его личные способности, организационные, а то и материальные и финансовые возможности ... - для этого труд по воплощению мысли в слове - излишен ... Более того - вреден ... тут скорее надо решать задачу сокрытия истинных мыслей и намерений и камуфлировать их под более выгодные для употребления ... Да, увы, есть у языка и такая функция как сокрытие мысли. Наша сегодняшняя жизнь просто кишмя кишит примерами такого рода ... А как же великий Иммануил Кант? И его категорический императив: не используй другого человека как средство, но относись к нему исключительно как к личности? Увы! Обращение с этим вопросом к окружающим приводит почти всех в раздражение...

Австрийский психиатр и психоаналитик Виктор Франкл еще до II мировой войны создал концепцию логотерапии и успешно использовал в работе с пациентами лечебный эффект осознания значимых символов человеческого существования. С итогами этой работы и мыслями автора по их поводу можно

ознакомиться по книге «Человек в поисках смысла». На русском языке эта книга вышла тиражом 136000 экз. в 1990 г. До этого труды Виктора Франкла разошлись в 60-е годы по всему миру на английском языке тиражом 2,5 млн. экз.

«...человеческое бытие всегда ориентировано вовне на нечто, что не является им самим, на что-то или кого-то: на смысл, который необходимо осуществить, или на другого человека, к которому мы тянемся с любовью. В служении делу или любви к другому человек осуществляет сам себя. Чем больше он отдает себя своему партнеру, тем в большей степени он является человеком и тем в большей степени он становится самим собой. Таким образом, он, по сути, может реализовать себя лишь в той мере, в которой он забывает про себя, не обращает на себя внимание». «Человек решает за себя; любое решение есть решение за себя, решение за себя - всегда формирование себя.»

«Смысл не только должен, но и может быть найден, и в поисках смысла человека направляет его совесть. Одним словом, совесть - это орган смысла. Ее можно определить как способность обнаружить тот единственный и уникальный смысл, который кроется в любой ситуации.»

Но эта способность, этот инструмент, - он что: у всех и всегда под рукой и в рабочем состоянии? На чем оттачивается его острота, тренируется чувствительность? Наверное, это вопросы педагогики. Наверное, уже кто-то и когда-то их задавал и может быть есть ответы. Может быть. Но не в школьных программах.

«В век общества изобилия большинство людей имеют достаточно средств для жизни, однако многим людям совершенно неизвестно, ради чего им жить. Теперь же вполне возможным становится смещение акцентов: от средств к жизни на жизненные цели, на смысл жизни. И в отличие от источников энергии этот смысл неисчерпаем, вездесущ ... Осуществляя

смысл, человек реализует сам себя. Осуществляя же смысл, заключенный в страдании, мы реализуем самое человеческое в человеке. Мы обретаем зрелость, мы растем, мы перерастаем себя. Именно там, где мы беспомощны и лишены надежды, будучи не в состоянии изменить ситуацию, - именно там мы призваны, ощущаем необходимость измениться самим».

Величайший подвиг человека, перенесшего страдание и обретшего в нем смысл, - выразить этот смысл - в слове. Поэтому так дорого нам то, что написали переживший ужас нацистских концлагерей Виктор Франкл, прошедшие все круги Гулаговского ада Варлам Шаламов и Владимир Павлович Эфроимсон. Федор Михайлович Достоевский. ... Мы не житейский опыт постигаем из этих книг, но твердость духа, надежду на свет в конце тоннеля.

А что же детям-то читать? И читать ли? Конечно, читать. Чтобы приобрести и сохранить вкус и интерес к слову как инструменту выражения мысли, чтобы держать этот инструмент в рабочем состоянии и под рукой до того момента, когда гулко зазвучит набат, зовущий к осознанию смысла собственного существования.

Что читать? Как читать? Когда читать? В моем детстве книга, радио и кино были единственными окнами в большой мир, утолявшими любознательность и жажду сопереживания открытию, приносившими эмоциональную разрядку и заряжавшими энергией. ... Сейчас детям доступны видеозаписи, многоканальное телевидение (да еще лежа на диване с дистанционным пультом в руке), компьютерная техника, игровые автоматы и многое другое, - ребенок захлебывается в потоке возможностей, мозг его кипит, поджигаемый рекламой и возбуждаемый танцевальными ритмами. ... До чтения ли тут? И все же читают. Но только те дети, кто получал сызмальства доброкачественную пищу для удовлетворения естественной, изначально ребенку присущей, потребности в развитии ума. Пока

ребенок мал, он активно ищет пищу для развития личных способностей и взрослым нужно довольно долго и настойчиво подсовывать ему вместо этого материал для пассивного потребления и бессмысленного времяпрепровождения, чтобы у ребенка страсть к личному развитию завяла и поникла, заместились тягой к материальным благам и попсовой культуре.

А вообще-то, конечно, ребенок, который не хочет читать - трагедия, - особенно, если это состояние затягивается слишком надолго!

Увы, разбрелись по свету умные друзья моей молодости. Опустели наши кухни. Бардов почти не слышно. От природы мы стали страшно далеки. Но вот книги... Книги стали доступны до такой степени, что дух захватывает... Удивительная это штука - жизнь. ...Закрутит она тебя, поволочет «фэйсом об тэйбл», вышвырнет к очередному разбитому корыту. ...А тут - книга. ...Прочтешь, что мир - нелинеен, что страдания - надежный путь к постижению смысла своего личного предназначения. ...И как-то посветлеет на душе, и теплее станет, а там и свежий ветер повеет, глядишь - и снова поднимешь паруса. ...И это - только с книгой. ...Только с книгой. ...

НА ВУЛКАНЕ КАК НА ВУЛКАНЕ



В ГОСТЯХ У ПРОФЕССОРА ЧУКА- в апреле 1986 года

Заседание 82-е:
«На вулкане как на вулкане!»

ВЕДУЩИЙ: В эфире научно-популярная программа для школьников – Семинар нерешенных проблем!
(Песня)... На фоне затихающей песни
предсеминарский шумок: стук камней, Клара и Варфоломей
вынимают из ящиков и раскладывают образцы.

ВАРФ.: Ну и коллекцию привез наш профессор. Не иначе как от каждого вулкана по кусочку отколотил.

КЛАРА: Похоже на то... Ух, какая тяжелая...

ВАРФ.: Держи крепче.

(Входит Степан Степаныч)

СТ.СТ.: Здравствуйте, коллеги!

КЛАРА, ВАРФ.: Здравствуйте...

КЛАРА: (роняет камень) Ой! Уронила!

ВАРФ.: Осторожней!

СТ.СТ.: Не волнуйтесь, Кларочка, я подниму (читает этикетку): «Вулканическая бомба». (шутливо) Не настоящая?

КЛАРА: Почему не настоящая? Настоящая – только вулканическая: профессор Чук из экспедиции привез!

СТ.СТ.: А где профессор?

КЛАРА: Уже едет, нас просил коллекцию разобрать...

ВАРФ.: Эта бомба – застывшая лава...

СТ.СТ.: Понятно.

ВАРФ.: При извержении от стенок кратера, или от жерла вулкана, отрываются куски застывшей лавы и вылетают с силой вверх. Это – совсем небольшая бомбочка...

СТ.СТ.: Можно потрогать?

ВАРФ.: Конечно!

СТ.СТ.: Шершавая.

ВАРФ.: ... бывают – до нескольких метров в поперечнике.

СТ.СТ.: Что вы говорите?!

КЛАРА: Вот еще одна. Видите, - какие они разные?

СТ.СТ.: Эта - на шар похожа.

КЛАРА: А та – на веретено.

СТ.СТ.: Точно...

ВАРФ.: Ну, а эта, поглядите?

СТ.СТ.: Вылитый каравай! ... *(входит Майя)*...

МАЙЯ: Здравствуйте, коллеги! Чуть не опоздала, так бежала...

ВАРФ.: Здравствуйте, Майя.

СТ.СТ.: Не волнуйтесь, Майечка, вы как раз вовремя, здравствуйте.

МАЙЯ: А что вы тут за камни раскладываете?

ВАРФ.: Коллекцию образцов, которую профессор из экспедиции привез.

КЛАРА: Тут – камни, а в мешочках: песок и пепел, – образцы...

ВАРФ.: Всякое извержение начинается со взрыва. Из недр земли вырываются газы, они выламывают породы,

которые закупоривали жерло вулкана, и вместе со струями лавы разбрасывают их во все стороны.

МАЙЯ: Я видела извержение вулкана Толбачик. Тучи пепла поднимаются высоко в небо, заслоняя солнце! Поток льется раскаленная лава!

СТ.СТ.: Жуткое дело. Мне рассказывали, при извержении какого-то вулкана на Аляске наступила темнота, как ночью – и целые сутки шел черный дождь из пепла.

ВАРФ.: При извержении вулкана Катмай в 1912 году.

СТ.СТ.: А что такое – вулканический пепел? Вроде бы в самом вулкане нечему гореть – так почему оттуда пепел вылетает?

ВАРФ.: Вулканический пепел – это очень мелкие частицы разрушенных пород: меньше одной десятой миллиметра.

МАЙЯ: Понятно.

ВАРФ.: В зависимости от состава пород, пепел бывает белый, серый, бурый или черный. При взрыве он может подняться на высоту больше десяти километров. Там его подхватывают воздушные течения и переносят на очень далекие расстояния...

СТ.СТ.: При очень сильном извержении дыхание вулкана может почувствовать вся планета. После взрыва вулкана Кракатау, например, туча пепла несколько раз обогнула земной шар.

ВАРФ.: А извержение вулкана Эль-Чичон в Мексике весной 1982 года? Тогда пепел и вулканические газы были выброшены на высоту больше 25-ти километров. Наблюдения со спутников показали, что вуаль из

вулканического материала за несколько недель протянулась вокруг земного шара. Меньше чем за год, стратосферное облако покрыло все Северное полушарие и часть Южного...

СТ.СТ.: Говорят, вулканические облака в стратосфере могут влиять на климат Земли?

ВАРФ.: Конечно! Они создают преграду солнечным лучам и вызывают похолодание.

МАЙЯ: И значительное?

ВАРФ.: В 1913 году – на следующий год после извержения Катмая – на Аляске, мы о нем только что вспоминали, - в Вене и Будапеште летние месяцы были на два градуса холоднее нормы. ...*(Обсуждение)*... Очень много сведений оказалось в руках ученых после извержения Эль-Чичона. Может быть, их анализ поможет понять, как именно вулканические извержения влияют на погоду и климат всей планеты... Анализ пепловых отложений еще не завершен.

СТ.СТ.: Под тяжестью горячего пепла – гибнет все живое.

МАЙЯ: Особенно опасно, когда одновременно с пеплом извергаются горячие пары воды. Они охлаждаются в верхних слоях атмосферы, падают обратно на землю и по склонам вулкана стекают потоки жидкой грязи...

СТ.СТ.: Да-да, совсем недавно случилась именно такая катастрофа в Колумбии... - Где же эта газета? Вот – «За рубежом»! В конце прошлого года, при извержении вулкана Руис.

МАЙЯ: Можно взглянуть?

СТ.СТ.: Пожалуйста, Майечка.

МАЙЯ: *(просматривая газету)*. Здесь только не пар виной: грязевые потоки образовались при мгновенном таянии льда и снега на вершине вулкана. Потоки ринулись в долину и смели городок в 40-ка километрах от вулкана... Ужасно. ...*(Входит Чук.)*...

КЛАРА: А вот и наш профессор!

(Все здороваются)

СТ.СТ.: Как загорел, помолодел.

ВАРФ.: Настоящий моряк!

МАЙЯ: С возвращением!

ЧУК: *(растроганно)* Спасибо, друзья! Я смотрю, вы тут не теряли времени даром... Изучили мою коллекцию?

МАЙЯ: В основном обменивались впечатлениями о вулканах.

КЛАРА: Какие они страшные.

ЧУК: Да, извержения вулканов – пожалуй, одно из самых грозных явлений природы. Я недавно смотрел фильм знаменитого вулканолога Гаруна Тазиева об исследовании вулканов. Фильм так и называется – «Встреча с дьяволом».

СТ.СТ.: Дьявол-дьяволом, но, тем не менее, люди из поколения в поколение селятся у подножия вулканов. Почему? Вот загадка.

МАЙЯ: Потому, Степан Степаныч, что вулканический пепел делает почву, как правило, плодороднее. Вот вам пример, кстати, снова из газеты «За рубежом»: «Извержение вулкана Эль-Чичон, - мы только что о нем говорили! – за несколько недель превратило обширные и плодородные районы вокруг в безжизненную пустыню, покрытую толстым слоем пепла и камней!» - И вот,

пожалуйста, заявление губернатора штата Тобаско – в Тобаско под пеплом оказались все плантации сахарного тростника и бананов: «Вулканический пепел – отличное удобрение. На будущий год здесь будет такой урожай, словно ничего и не произошло»....(Обсуждение)...

ЧУК: Думаю, в будущем отношение человека к вулканам должно в корне измениться.

СТ.СТ.: Может быть, а пока что от них вреда намного больше, чем пользы!

КЛАРА: *(шутливо подхватывает)* А все почему?! «Потому что, - как говорил Маленький принц, - мы, люди, на Земле еще не можем прочищать наши вулканы. Вот почему они доставляют нам столько неприятностей. Когда вулканы аккуратно чистишь, они горят ровно и тихо, без всяких извержений. Извержение вулкана – это все равно, что пожар в печной трубе, когда там загорится сажа»... Помните у Сент-Экзюпери? ...*(Общее оживление)*...

СТ.СТ.: По-моему, мы, люди, уже забыли, что такое печная труба и сажа, благодаря паровому отоплению.

ВАРФ.: А по-моему, Клара очень кстати вспомнила сказку Сент-Экзюпери «Маленький Принц». Это очень мудрая сказка. Что говаривал Маленький принц? – «Встал поутру, умылся, привел себя в порядок – и сразу же приведи в порядок свою планету!». У Принца на планете было два действующих вулкана, и он их старательно прочищал.

КЛАРА: По утрам – разогревал на них завтрак. И потухший вулкан Маленький принц не забывал прочистить. Мало ли что может случиться?

ЧУК: Но мы тоже начинаем понемногу обращаться с вулканами по-хозяйски. Конечно, вулканы – неуютные соседи, но если их получше узнать, можно извлечь из них очень много пользы, Кларочка.

МАЙЯ: Ну, уж вы-то, профессор, теперь, наверное, все про вулканы знаете? Сколько вы вулканов увидели за два месяца плавания?

ЧУК: Очень много, Майечка, - вот образцы с острова Мартиника: одного их Малых Антильских островов. Здесь в 1902 году неожиданно взорвался вулкан Мон-Пеле. Мне рассказывали, беда была так молниеносна, что даже пароходы, стоявшие на рейде, сгорели, не успев выбрать якоря. ... А вот образцы с вулкана Токати на японском острове Хоккайдо. Их подарили мне вулканологи. ...*(гур-гурчик вокруг образцов)*... Этот вулкан, спавший 36 лет, внезапно пробудился в 1962 году. Столб ядовитых газов, объятых пламенем, внезапно возник над окрестными селениями...

ВАРФ.: Странно, что внезапно. В каком это было году?

ЧУК: В 1962-м.

КЛАРА: Почему странно, Варфоломей?

ВАРФ.: Если в 1962 году, то не странно... Дело в том, что после 1965 года в Японии вступила в строй электронная система предупреждения об извержениях. На склонах вулканов – а их в Японии 77! – установлены сейсмографы и температурные датчики. Они передают информацию в специальные центры, где ее

обрабатывают компьютеры. При самой незначительной тревоге население предупреждают по радио и телевидению. После вступления в строй этой системы в Японии погибло от вулканов всего 3 человека.

ЧУК: К сожалению, Варфоломей, полной безопасности и эта система не дает. ...*(Обсуждение)*... Бывают извержения, которые начинаются без всяких предупредительных сигналов.

МАЙЯ: И даже вообще без вулканов!... *(Реагж)*... Да-да! Вот очень интересная книга «Планета загадок». Здесь описан такой случай на нашей планете. Один мексиканский крестьянин заметил на своем поле дым. Дым шел из маленькой трещинки в земле. Крестьянин сначала придавил камнем отверстие и успокоился. Но клубы дыма становились все гуще, появился запах горячей серы. В общем, позвали специалистов, на глазах которых и родился новый вулкан. За три дня выросла гора высотой 138 метров и продолжала расти...

КЛАРА: Вот вам и прогнозирование! Попробуй угадать...

ЧУК: Уважаемые коллеги, вы абсолютно правы: прогнозирование извержений было и остается одной из важнейших нерешенных проблем вулканологии!

СТ.СТ.: Я несколько лет назад был на острове Кунашир. Там стоит спящий вулкан Тятя. И как раз при мне перед жителями Кунашира выступал с научно-популярной лекцией очень известный профессор-вулканолог ... забыл фамилию ... После лекции профессора спросили, когда по научным данным ожидается

следующее извержение вулкана Тятя? Вопрос-то был не праздный: вулкан из окна виднелся.

ВАРФ.: Ну и что?

СТ.СТ.: Профессор очень авторитетно ответил, что, по всем данным, следующее извержение может быть не раньше, чем через сто лет. А наутро Тятя начал извергаться.

МАЙЯ: А профессор?

СТ.СТ.: Бежал вместе со всеми....*(оживление)*...

ЧУК: Пока прогнозирование не дает желаемых результатов, много сил уходит на защиту от извержений и ликвидацию их последствий. ... На острове Сицилия я беседовал с очевидцами последнего извержения Этны – крупнейшего действующего вулкана Средиземноморья. В марте 1983 года вулкан в очередной раз пробудился и доставил массу хлопот. Пришлось срочно изобретать способы, как остановить поток раскаленной лавы: ведь на склонах вулкана разбросаны поселения ... Были даже проекты – охлаждать лаву.

СТ.СТ.: Водой?!

ЧУК: Да. Но специалисты, подсчитав, убедились: нужный объем воды на место катастрофы доставить нереально ... А гасить пожар из кружки, что за резон? В конце концов удалось направить лаву в безопасное русло: на одном из склонов провели направленный взрыв. Но вулкан, конечно, этим не остановили: он продолжал клочкотать ... Впрочем, предприимчивые местные жители, изловчившись, ухитрились даже вылавливать комки лавы и формировать из них пепельницы ...

СТ.СТ.: Этаким оригинальный сувенир.

ЧУК: В укрощении Этны принимал прямое участие известный бельгийский вулканолог Гарун Тазиев. Но, надо сказать, он как специалист все-таки считает, что главное в защите от вулканов – прогнозирование и еще раз прогнозирование. А для этого нужно знать о вулканах все. Участвуют в разработке способов прогнозирования вулканических не только геологи, но и физики, и математики, и инженеры, и химики...

КЛАРА: Очень интересные работы ведутся в Институте вулканологии в Петропавловске-Камчатском. Два года назад там была экспедиция журнала «Химия и жизнь», - мне коллеги-журналисты рассказывали массу интересных вещей!

МАЙЯ: Камчатка и сама по себе – интереснейшее место. Я, помню, была там в экспедиции, изучавшей термофильные организмы. Представляете, бактерии и водоросли живут почти в кипятке!

СТ.СТ.: Да-а, удивительно ...

МАЙЯ: А знаете, какую пользу можно из них извлечь, Степан Степаныч?

СТ.СТ.: Нет, Майечка, даже не догадываюсь!

МАЙЯ: Эти организмы вырабатывают настолько прочные белки, что их использую при различных молекулярных операциях в геномной инженерии!

СТ.СТ.: Замечательно ... А, кстати, я слышал, есть такая гипотеза, по которой и само происхождение жизни связано с вулканами?

МАЙЯ: Очень может быть, что самые первые на Земле органические вещества были синтезированы именно в вулканах – ведь это природные химические реакторы ...

ЧУК: Не знаю, как насчет происхождения жизни – это дело глубокого прошлого, но вот, что вулканы оказали нам неоценимую услугу, - и продолжают оказывать! – в образовании и накоплении многих полезных ископаемых – это вне сомнений. При извержении, кроме водяных паров, вулканы выбрасывают в воздух или в океан почти всю таблицу Менделеева: водород, хлор, азот, хлористый и фтористый водород, сернистый газ, сероводород, аммиак, хлористый и углеродистый аммоний, кислород, углекислый газ, метан, бром, фтор, бор, хлориды некоторых металлов и многое другое.

ВАРФ.: Да, но как их добыть?

ЧУК: При сравнительно спокойном выделении газов, на стенках трещин образуются минеральные скопления. Их называют сублиматами. Сублиматы есть во всех вулканических областях. На Аляске, например, в широко известной «Долине десяти тысяч дымов» каждую секунду через трещины выхлест 23 тысячи кубометров пара с температурой 600 градусов Цельсия. За год здесь образуются тысячи тонн хлористого и фтористого водорода. В Италии, вблизи города Лораделло, ежегодно добываются тысячи тонн борной кислоты, буры, углеаммиачной соли и других ценных веществ, образующихся при возгонке паров и газов.

МАЙЯ: Я сама видела на Камчатке, в кратере Узон, как горячими растворами выносятся из глубин и оседает

крово-красным налетом в трещинах киноварь, из которой добывают ртуть.

ЧУК: Горячие источники – их называют геотермальными – выносят в растворе много разных минеральных веществ. На Курильских островах, например, часть рвущихся к поверхности из глубин горячих газов перехватывается подземными водами, и воды эти становятся кислотами, растворяющими на своем пути горные породы. Выходя на поверхность, они питают реки, выносящие в море «жидкие металлы». Экспедиция Земнова проследила как-то путь такого «жидкого металла» от кратера вулкана Эбеко до устья реки Юрьева. На дне Охотского моря, возле места впадения реки, нашли огромную желто-зеленую полосу осадков, состоящих из соединений алюминия и железа.

ВАРФ.: Если позволите, профессор, я вас дополню: вулканы – это еще и буровые скважины! Вулканы могут быть настоящими разведчиками недр на таких глубинах, куда человеку без них не добраться. Они ведь приносят обломки пород, воду и газы – с глубин до 12-14-ти километров. И геологи, благодаря вулканам, получают ценные сведения о составе глубинных слоев Земли, о запасах нефти и газа.

КЛАРА: Значит, неслучайно отправил Обручев своих героев в глубины Земли через кратер вулкана?

ЧУК: Конечно, неслучайно, Кларочка ... Да, польза, которую человечество может извлечь из вулканов, даже трудно сейчас оценить.

СТ.СТ.: Да что там говорить: еще в Древнем Риме использовали в строительстве вулканические горные

породы. Правда, надо сказать, в наши дни появилась возможность использовать их гораздо эффективнее. Породы эти очень крошатся и и потери их при обработке в отделочные плиты доходили до 90%. Долгие годы эта проблема мучила строителей – и вот она решена! Специалисты разработали технологию связывания обломков вулканической породы порошком ... из той же породы.

ЧУК: Но ведь это изменить и технологию добычи камня?

СТ.СТ.: Конечно! Его уже не надо выпиливать прямо в забое, а можно взрывать: ни один обломок не пропадает. Дополнительная экономия!

ЧУК: Замечательно. Ну что же, думаю, наши слушатели согласятся с нами: не так уж страшен вулкан, как считали наши предки!

МАЙЯ: Профессор Чук, ну а почему все-таки изучают вулканы?

ЧУК: Очень просто, Майечка, во-первых, большинство наземных вулканов расположено на границе континентов и океанов или на островах. Пожалуйста, извольте взглянуть на карту!

КЛАРА: Возьмите указку, профессор.

ЧУК: Спасибо. Вот перед нами карта мира, на которой красными звездочками показаны действующие вулканы.

СТ.СТ.: Смотрите: больше всего звездочек вокруг Тихого океана. Сплошные вулканы!

ЧУК: Совершенно верно. Эту полосу иногда называют огненным кольцом тихого океана. Здесь находится больше половины всех действующих вулканов на Земле.

МАЙЯ: Действительно, кольцо. Получается, весь Тихий океан окружен вулканами?

ВАРФ.: Но ведь Тихоокеанская зона – не единственная?

ЧУК: Нет, конечно. Ей немногим уступает по размерам Средиземноморско-Индонезийская зона. Она тянется через Аппенины, Кавказ, Эльбрус и горы Малой Азии к островам Малайского архипелага. Большая часть действующих вулканов находится в Индонезии, а остальные – в северной части Средиземного моря – в Италии и Греции.

МАЙЯ: А в Африке есть вулканы?

КЛАРА: Непременно должны быть!

ВАРФ.: Интересно, почему ты так решила?

КЛАРА: А ты не видел кино про Айболита? Там ведь Бармалей в Африке на действующем вулкане жил.

...(Общий смех)...

ЧУК: В Африке сейчас зарегистрировано 12 действующих вулканов во главе со знаменитым Килиманджаро.

КЛАРА: А внутри океанов вулканы есть?

ЧУК: Есть и очень-очень много. Именно изучению подводных вулканов и была посвящена наша экспедиция! Известный американский геолог Менард подсчитал, что только на дне Тихого океана существует около десяти тысяч потухших вулканов разной величины. Особенно много их в северо-западной части океана, в районе Гавайских островов и Императорского подводного хребта. Больше двух тысяч погасших вулканов удалось обнаружить на дне Атлантического и Индийского океанов. Многим вулканам удалось, так

сказать, пробиться сквозь многокилометровую толщу океана и образовать острова, а порой и целые архипелаги ...

ВАРФ.: Например, Гавайские острова!

ЧУК: Совершенно верно. Никого уже не удивляет в наши дни, что океанское дно покрыто горами и целыми горными хребтами. Так вот, когда подвели итоги Международного Геофизического Года, оказалось, что почти все, - если не все! – подводные горы являются вулканами. ...(Обсуждение) ... Подводная вулканология – совсем молодая наука. Для подводных исследований нужна очень сложная техника. Она появилась только в последние 10 лет ... В частности, это полевые работы на подводных аппаратах. Вот, взгляните сюда! Это образцы пород, которые принесены из глубин океана. Здесь вблизи трещин, по которым на поверхность выходит лава, образуются сульфидные месторождения. Из горячих рассолов осаждаются минералы с богатым содержанием меди, никеля, олова, кобальта, свинца и других ценнейших металлов. А в одном из погружений подводного аппарата, в котором я сам участвовал, - на склоне одного из погасших вулканов, недалеко от Каролинских островов, мы взяли образец, в котором содержание кобальта оказалось выше среднего промышленного. Так что, уважаемые коллеги, изучение подводных вулканов сулит открытие богатейших источников минерального сырья! ...(Обсуждение) ...Ну и, наконец, мне хотелось бы обсудить еще одну важную сторону вулканической деятельности, в которой человек, пожалуй, наиболее успешно, так сказать, сотрудничает

(смеется) ... с самим дьяволом! Подсчитано, что самый выгодный способ вырабатывать электроэнергию – использовать природное тепло вулканов.

КЛАРА: Еще бы: оно само собой получается!

МАЙЯ: Да, но как его укротить? Направить в турбины?

ВАРФ.: Эта проблема уже решена! Станции на перегретом пару – около 200 градусов по Цельсию – работают сейчас по всему земному шару: в Советском Союзе, Венгрии, Японии, США, Новой Зеландии и Мексике.

СТ.СТ.: Неужели они выгоднее, чем атомные?

ЧУК: Экономисты подсчитали, что геотермальная энергия имеет самую низкую стоимость по сравнению и с атомными, и с тепловыми станциями ... И потом, скажем, в Японии, вообще нет ни больших рек, ни ископаемого топлива ...

КЛАРА: Вот именно. А вулканов, хоть отбавляй ...

ЧУК: В Новой Зеландии действует мощная геотермальная электростанция.

ВАРФ.: В Калифорнии построена такая станция на больших гейзерах.

ЧУК: Такая станция работает и у нас на Камчатке, в районе Паужетских горячих источников. На Камчатке, например, тепловая мощность одного действующего вулкана составляет от 200 тысяч до 1 миллиона киловатт. А всего там больше 25 вулканов. Вот и получается: на Камчатке у нас неограниченные резервы тепловой энергии. ... (Обсуждение) ...

КЛАРА: Вблизи вулкана Мутновский можно построить электростанцию в сорок раз мощнее Паужетской!

ВАРФ.: Кстати, даже там, где нет естественных выходов горячих подземных вод, можно легко создать подземную котельную, пробуравив две скважины под углом друг к другу. В одну – закачивать воду, а из другой – пойдет горячий пар. ... (Обсуждение)...

МАЙЯ: Удивительное место – Камчатка! Я помню, мы выехали из поселка Термальный: погода – градусов десять мороза, а в ручейке дети резвятся среди клубов пара, - хоть бы что! Дома: большие, пятиэтажные! – отапливаются горячей водой из подземных источников. Теплицы этой же водой подогревают. Круглый год – свежие овощи!

ЧУК: Да, пожалуй, на Камчатке, как нигде в нашей стране, раскаленная в глубинах магма подходит близко к поверхности. Не только прямо под вулканами, но и далеко вокруг них горные породы прогреты до сотен градусов. Конечно, важнейшая задача ближайшего будущего – изучить эти кладовые подземного тепла и предложить новые способы их практического использования. Может быть, и кто-то из ребят, наших юных слушателей, посвятит жизнь этому увлекательному и благородному делу ... На этом мы, пожалуй, и закончим сегодняшнее обсуждение. К сожалению, не успели нашу почту разобрать, друзья. Но мы сделаем это, непременно, в следующий раз.

КЛАРА: Профессор Чук, а вы не забыли, ведь новое заседание семинара – праздничное?

ЧУК: Не забыл, Кларочка, не забыл ... Дорогие заочные участники Семинара нерешенных проблем, следующее заседание, 7 мая, мы посвящаем Дню

Радио. Жду всех в наше обычное время. А сейчас приготовьте карандаши и бумагу, Клара продиктует вам домашнее задание.

ВАРФ.: Адрес наш не забыли? 113326. Москва. Радио. Детская редакция. Профессору Чуку.

КЛАРА: Слушайте задание. Что означают следующие слова? Радиопилюля ... радиопилюля ...радиолярия ...радиолярия... радионяня... радионяня... Повторяю: ... Напишите, какие вы еще знаете сложные слова, в состав которых входит слово «радио», объясните их значение.

ЧУК: Ждем ваших писем, пишите поскорее! До новой встречи в эфире!

(Песня)

В ГОСТЯХ У АКАДЕМИКА РАЕН ШТЕЙНБЕРГА – летом 2009 года



Генрих Семенович Штейнберг:

Родился 13 февраля 1935 года в Ленинграде. В 1959 году окончил Ленинградский горный институт. Окончил курсы летчиков-наблюдателей и получил штурманское свидетельство. С 1991 года - директор Института вулканологии и геодинамики (ИВиГ) РАН (г. Южно-Сахалинск). Доктор геолого-минералогических наук. В 1991 г. избран член-корреспондентом, а в 1993 г. академиком РАН. В 1971-78 гг. Г. С. Штейнберг вице-президент Международного общества по геологии Луны, с 1969 г. по настоящее время редактор международного журнала «Modern Geology» (Нью-Йорк — Лондон — Париж — Токио — Монреаль).

Основное направление исследований Г. С. Штейнберга — контроль состояния вулканов и прогноз извержений. Он работал на многих (более 20) извержениях (*Карымский*, 1961-62, *Шивелуч*, 1964, 1980, *Ключевской* 1966, 1980; *Алаид*, 1972; *Тятя*, 1973; *Грозный*, 1989; *Толбачик*, 1975-76; *Сарычева*, 1976 и др.). На извержении вулкана *Карымский* (1962 г.) получил тяжелую травму, однако, продолжает работать на действующих вулканах. Штейнберг первым из советских вулканологов спустился в кратер действующего вулкана (1961 г.), получив ценные данные о его состоянии.

В 1964 - 1971 годах работал по лунной программе. В 1969 - 1970 годах был начальником экспедиции, проводившей ходовые испытания, и руководителем геологической части программы испытаний первой модели лунохода (август 1969) на вулкане *Шивелуч* в районе поселка Ключи и второй модели лунохода (август 1970) на вулкане *Толбачик* на Камчатке. В 1968-71 гг. прошёл подготовку как космонавт-исследователь (однако, после катастрофы в 1971 г. «Союза-11» запуски с космонавтами-исследователями в течение 10 лет не проводились). Работа Г. С. Штейнберга по механизму образования лунных кратеров опубликована в ДАН СССР в 1965 г. с представлением главного

конструктора С. П. Королева (единственная работа, представленная к публикации С. П. Королевым в качестве академика).

В 1992 г. руководил российской группой вулканологов, направленной по решению Правительства России в Никарагуа по просьбе Правительства Никарагуа и поручению комиссии ООН. Прогноз, подготовленный группой Штейнберга, оказался верным, что позволило Правительству Никарагуа принять решение о прекращении эвакуации населения и отменить чрезвычайное положение. Работа группы Г. С. Штейнберга получила высокую оценку правительств Никарагуа и Панамы.

КЛАРА: Генрих Семенович! 14 августа «Новая газета» опубликовала подборку материалов под названием «Луноход катался по вулкану» в связи с тем, что 40 лет назад в СССР испытали первый луноход. Вы ведь принимали непосредственное участие в этой лунной программе?

Г. С.: Да, мне в 1964 году по результатам закрытого конкурса поручили выбрать площадку для испытания лунохода. Нужно было найти на Земле место, максимально похожее на поверхность нашего космического спутника. Я подошел к решению этой задачи, прежде всего как вулканолог. Луной до середины XX века занимались исключительно астрономы и принято было считать, что все лунные кратеры образовались в результате метеоритной «бомбардировки». Я же полагал, что многие особенности лунной поверхности обусловлены вулканизмом. Для осуществления посадки космического аппарата на поверхность Луны важно было решить, к чему готовить аппарат: к встрече с многометровым слоем пыли — «подушкой», в которой легко провалиться, или с шлаковой поверхностью, сходной с той, что образуется в результате извержения вулканов.

КЛАРА: А разве это можно решить, находясь на Земле?

Г.С.: Я изучал снимки Луны и сравнивал их с данными аэрофото- и аэроспектральных съемок, которые проводил на вулканах. Поняв, что сходство лунной поверхности с вулканическими ландшафтами очень велико, сумел убедить в этом руководителей лунной программы. Наши данные по физико-механическим свойствам вулканических пород в естественном залегании были учтены при разработке системы мягкой посадки космического аппарата с луноходом. В 1968 году занимался подбором участков для испытания лунохода. Выбрал вулканы Шивелуч и Толбачик...

МАЙЯ: На Камчатке?

Г.С.: На Камчатке. На Шивелуче пятью годами раньше произошло сильное извержение. Площадка, покрытая пористыми пемзовидными потоками, идеально подходила для ходовых испытаний, для обучения лунохода движению «по Луне».

КЛАРА: И научили?

Г.С.: Научили. Правда, в наших испытаниях мотор лунохода питался не от солнечных батарей, а от аккумулятора, который подзаряжался движком от бензопилы «Дружба». Ходовые качества оказались на высоте. Даже на крутых склонах луноход двигался без проблем. Испытания провели успешно и в сроки уложились: запуск состоялся в октябре того же 1969-го, как планировали. К сожалению, ракетная система не сработала и луноход до Луны «не довезли». В августе 1970-го испытания, проводились на второй площадке, в районе вулкана Толбачик (тоже Камчатка). Как потом оказалось, площадка на Толбачике по физико-механическим свойствам и условиям проходимости была практически идентична поверхности Луны.

КЛАРА: Второй запуск лунохода прошел удачнее первого?

Г.С.: Да, 10 ноября состоялся запуск. Первый в мире автоматический самоходный аппарат, был доставлен на Луну в район Моря Дождей и проработал на поверхности спутника 318

суток; прошел более 10 км, передал на Землю 210 панорам и свыше 20 000 снимков.

МАЙЯ: Но для вас лично, кажется, этот успех обернулся большими неприятностями?

Г.С.: С 1971 года толбачинская «экспериментальная площадка» стала «полигоном». Дирекция Института вулканологии, ранее дистанцировалась от испытаний («а вдруг на Луне все окажется не так?»), но после успешного запуска отобрала у меня эту престижную работу. Более того, после аварии вертолета при первых испытаниях в 1969 году, мне, как начальнику экспедиции, для того чтобы уложиться в сроки, пришлось приобрести для вертолета «левый» бензин, в связи с чем в 1971 году на меня завели уголовное дело и уволили из института. Четыре года проработал в котельной электриком. За это время опубликовал в отечественных и зарубежных журналах несколько статей. С 1978 года продолжил научную деятельность в Институте морской геологии и геофизики в Южно-Сахалинске. С тех пор занимаюсь исключительно вулканами.

МАЙЯ: Генрих Семенович! Что привлекает людей к исследованию вулканов – понятно. Но вот, что вы скажете о тех, кто упорно селится рядом с вулканами, пренебрегая возможной опасностью такого соседства?

Г.С.: Думаю, что плодородие почв, удобренных вулканическим пеплом. Я работал в Никарагуа и видел своими глазами, как буквально через несколько лет на лавовых потоках и даже в кратерах вырастает буйная зелень!

КЛАРА: То есть, обычный человек оценивает пользу от вулканов более высоко, чем возможный вред?

Г.С.: Да. В наши дни извержения вулканов прогнозируются достаточно точно. С 1991 г. Институт вулканологии и геодинамики РАЕН, которым я руковожу, ежемесячно (ежеквартально) подготавливает прогнозы вулканической

активности, ожидаемой в следующем месяце (квартале) на наиболее населенных островах южных Курил — Итурупе и Кунашире. Основание для прогнозов - данные сети сейсмических станций, спутниковый мониторинг и регулярные наблюдения, проводимые в кратерах действующих вулканов. Ошибочных прогнозов в 1991—2000 гг. не было. В 1999 году за три дня до начала извержения вулкана Кудрявый мы предупредили об этом губернатора Сахалинской области и мэра Курильского района. Точный прогноз позволил провести необходимые мероприятия, предусмотренные для подобных случаев.

МАЙЯ: Выходит, что уже и в нашей стране реально действует та электронная система предупреждения об извержениях, которая вступила в строй в Японии в 1965 году и о которой мы спорили на семинаре профессора Чука? Генрих Семенович, а какие новые проблемы появились в теории и практике прогнозирования извержений?

Г.С.: На вулканах, где задействована система мониторинга, неожиданных извержений не происходит. В Японии, США, Италии знают когда и где начнется извержение. Там борьба идет за шестичасовую точность прогноза времени старта извержения. Чтобы не просто прогнозировать дату извержения, а дать время его начала с точностью порядка шести часов. На сегодняшний день эта проблема инженерно-экономическая: вложите средства и у вас будет система, обеспечивающая надежный прогноз. Научная основа системы разработана, аппаратура есть. В Новой Зеландии, Италии, Японии, США, - за последние 10-15 лет от извержений никто случайно не погиб...

КЛАРА: А кто погиб не случайно?

Г.С.: Не случайно погибают те, кто зная об ожидаемом извержении, находятся в опасной зоне: исследователи или просто экстремалы - любители острых ощущений.

КЛАРА: А зачем это любителям?

Г.С.: Вы знаете: я наблюдал самые разные стихийные явления – землетрясения, цунами, ураганы. Все это по эмоциональному воздействию с извержением вулкана несравнимо. Извержение - это эстетически фантастическое зрелище, поражающая красота. А еще впечатляет гигантская мощь, не сравнимая с нынешними возможностями человека!

МАЙЯ: А есть ли в наши дни эффективные технические средства защиты от потоков лавы?

Г.С.: Строго говоря, лавовые потоки для людей угрозы не представляют. Самые быстрые лавовые потоки движутся со скоростью не более 2 м/сек, т.е. при мерно 7 км/час – быстрым шагом уйти можно. Лава движется по тем же законам, что вода, и потому, зная точку выхода лавы на поверхность, можно совершенно точно определить ее путь: вниз по рельефу, до ближайшей долины и далее по ней. В гору лава не течет. Вот пирокластические потоки – газонасыщенная смесь раскаленного обломочного материала и пепла – движутся, как лавина, со скоростью 50 и более км/час; от такого потока не убежит спринтер-рекордсмен (37 км/час). Все случаи массовой гибели людей и уничтожения городов (Помпеи, Геркуланум и др.) связаны с пирокластическими потоками или с палящими тучами. Я беседовал с мэром Неаполя. С его точки зрения нет необходимости защищаться от потоков лавы, так как расходы на восстановление разрушенных строений предусмотрены страхованием. Они быстро и с лихвой окупаются доходами от повышения продуктивности почвы. А людей при наличии прогноза эвакуировать – всегда успевают. Здесь точности прогнозирования вполне достаточно.

МАЙЯ: И действительно, удается быстро упорядочить соответствие доходов и расходов?

Г.С.: Да, механизм – культура страхования... Конечно, страховые взносы за строения рядом с вулканами побольше, чем в менее опасных местах. Но зато страховка выплачивается сразу...

МАЙЯ: Интересно.

КЛАРА: Генрих Семенович! В прошлом веке в гостях у профессора Чука мы говорили еще об одной пользе, которую приносят человеку вулканы: они приносят на поверхность земли много полезных веществ. В Интернете много материалов о вашем открытии в жерле одного из вулканов на Курилах нового минерала, с богатым содержанием рения...

МАЙЯ: Я помню, в девяностых годах прошлого века об этом открытии писал такой знаменитый научный журнал, как Лондонская “Nature”?

Г.С.: И не просто писал: фото вулкана *Кудрявый* с острова Итуруп украшало обложку этого журнала... В 1992 году на вулкане *Кудрявый* мы (нас было четверо) открыли первый в мире минерал рения - сульфид рения (ReS_2), образующий значительные скопления и промышленное месторождение.

КЛАРА: Рений... Такое загадочное слово...

Г.С.: Менделеев еще в 1870 году предсказал, что будет обнаружен 75-й элемент с атомным весом ~180, а в 1925 году немецким ученым Вальтеру и Иде Ноддак удалось открыть этот самый редкий из устойчивых металлов в мире. В честь реки Рейн его окрестили рением.

КЛАРА: Я даже не слышала о таком металле раньше, пока не стала искать в Интернете материалы, связанные с вашим именем! А какая от него польза?

Г.С.: В промышленности рений используется очень активно: без него, невозможно создание двигателей современных самолетов и ракет; металл используют для производства лопаток авиадвигателей и многих высокотемпературных деталей. Еще две сферы применения — создание высокоточной техники вроде

гироскопов и синтез высокооктановых марок бензина. В Америке и Германии запатентованы способы создания рениевых фильтров для очистки выхлопных автомобильных газов. А в последние годы с помощью нанотехнологий на рениевой основе создан диборид рения (ReB_2) материал равный по твердости алмазу.

МАЙЯ: Простите, но о вашем открытии писали в середине девяностых годов... Разве использовать рений начали так недавно?

Г.С.: Использовать этот металл начали после Второй мировой. Просто добывать его приходилось с большим трудом: из медных и молибденовых руд. Довольно технологически сложным путем при обжиге концентрата этих руд из газов получают рений. Чтобы добыть килограмм рения, надо обработать от тысячи до двух тысяч тонн руды. Неудивительно, что мировое производство рения редко превосходит 40 тонн в год. А цена одного килограмма металла колеблется в районе от 1 до 4 тысяч долларов. При этом спрос на рений в мире постоянно растет. В 2002 году дефицит этого металла в США, например, составил 30%. В 2008 году цена на рений на Лондонской бирже металлов достигла рекордной отметки за предыдущие двадцать лет — 10500 долларов за килограмм. Один из трех основных центров производства рения на планете — Джекказганский завод цветных металлов — находился на территории СССР. Но после распада Союза титул рениевой супердержавы перешел к Казахстану, а у России возникли с этим металлом серьезные проблемы.

МАЙЯ: Так что ваше открытие было, как нельзя более своевременным?

Г.С.: Да, но это несколько не облегчило нашу работу. В 2000 - 2005 годах были выполнены разведочные работы с подсчетом и утверждением запасов рения. Совместно с Ф.И. Шадерманом мы разработали методику получения редкометалльного концентрата за счет выделения рения и других металлов из вулканического газа

на вулкане Кудрявый. Все это стоило больших трудов, но промышленное освоение месторождения еще не начато.

КЛАРА: Генрих Семенович! А расскажите немного о самом открытии. Как вам удалось открыть то, про что считалось, что его не может быть? Или я что-то не так поняла?

Г.С.: Действительно, до 2002 г. месторождений собственно рения на Земле не было. В 1992 г. мы впервые открыли рениевый минерал. Открыли мы его, в какой-то мере случайно: в ходе одной из экспедиций по организации мониторинга состояния вулкана Кудрявый на острове Итуруп. Чтобы брать пробы газа из одной и той же точки, нам надо было установить в кратере вулкана специальные керамические трубы. Для этого мы копали яму на площадке в жерле вулкана. Температура на ее поверхности достигала 500°. Даже в резиновых сапогах или валенках на резине там можно было продержаться не более 2—3 минут. В одну из таких кратких смен мой коллега Сергей Ткаченко вытащил лопатой кусок породы с серебристым блеском. Я никогда не видел на вулканах ничего подобного и решил про себя: это материал для заметки-сообщения в научном журнале. Таинственный образец увезли на анализ в подмосковный научный центр в Черноголовке. И к концу 1992 года два ведущих научных института пришли к ошеломляющему выводу. Это вовсе не молибденит, за который я его первоначально принял. Это минерал, содержащий один из самых редкий металлов в мире — рений. С его открытием появилось первое в мире рудопроявление рения. Рудопроявление становится месторождением после проведения разведки, подсчета и утверждения запасов.

МАЙЯ: И насколько богат рением этот минерал?

Г.С.: Этот минерал – сульфид рения – содержит до 73% рения!

КЛАРА: Потрясающе! А откуда же он в вулкане взялся?!

Г.С.: Рений содержится в вулканическом газе, а в некоторых особых условиях он соединяется с серой и откладывается в виде нового минерала, рениита....

КЛАРА: И много его в вулкане Кудрявый?

Г.С.: Утвержденные государственной комиссией динамические (возобновляемые) запасы рения, выносимые вулканическими газами, составляют 36,7 тонн в год: цифра, сравнимая с мировой добычей этого металла.

КЛАРА: А могут эти запасы кончиться?

Г.С.: Они будут непрерывно возобновляться пока вулкан действует, живет.. А эти природные объекты исключительно живучи: тысяча лет для них — то же самое, что месяц в человеческой жизни. Вулкану Кудрявый гарантировано еще как минимум 15 тысяч лет.

МАЙЯ: Да, но как развернешь на вулкане промышленное производство? А если вулкан начнет по своей привычке извергаться? Кстати, как часто это случается с Кудрявым?

Г.С.: Действующий вулкан должен извергаться. Живет он. Связано это с непрерывным движением магматического вещества к поверхности. Подошло и началось. За последние 250 лет это случалось с Кудрявым по крайней мере три раза: в 1778, 1883 и 1999 годах. Никто не может гарантировать, что это не случится вновь.

КЛАРА: И тогда?

Г.С.: Тогда все оборудование нашего рениевого рудника будет потеряно. Зато к человеческим жизням это не относится. Людям при современной технологии прогноза извержений вулканов ничего не грозит: они всегда успеют эвакуироваться. Сегодня проснувшиеся вулканы губят людей только в странах третьего мира, где правительства пренебрегают организацией службы прогнозов.

МАЙЯ: И все-таки, Генрих Семенович, кто-нибудь оценивал финансовый риск такого предприятия, как разворачивание добычи рения на вулкане?

Г.С.: По оценкам экспертов, весь проект потребует инвестиций в 48 миллионов долларов в течение 7 лет. Причем вложения с лихвой окупятся уже через два года после выхода проекта на заданную мощность.

КЛАРА: Не понимаю, куда смотрит правительство?!

МАЙЯ: И олигархи?

Г.С.: Руководство «Сибнефти» оказало в 2000-2003 годах финансовую поддержку работам по разведке и подсчету запасов рения на месторождении «Вулкан Кудрявый» и перспективности промышленной разработки этих запасов ... Сейчас обстоятельства изменились...

КЛАРА: А правительственные структуры?!

Г.С.: С ними вообще каши не сварить: они все время реорганизуются и реформируются. Чиновники уходят с одних мест на другие, - и все договоренности теряют силу...

КЛАРА: Кошмар! Неужели современная наука не может придумать, как заставить чиновников служить на пользу стране?

Г.С.: Иногда сами вулканы помогают... Чиновники долго отказывались поддержать нашу разработку системы прогнозирования извержений для Курильских вулканов. В 1989 году 25 апреля мы опубликовали статью с предупреждением о возможных извержениях. Извержение началось – 3 мая. Оно не было сильным, но вулкан виден из города Курильска и на острове возникла паника. Тогда чиновники спохватились и срочно нашли деньги на прогноз извержений.

МАЙЯ: А что должно случиться, чтобы они нашли деньги на добычу рения?

Г.С.: Не знаю. От доступности рения для промышленного производства зависит оборона страны. Если у нас не будет рения, наши военные самолеты просто не смогут летать!

КЛАРА: Вот уж, действительно, нерешенная проблема...

МАЙЯ: Генрих Семенович, а что вы можете сказать об успехах использования природного тепла вулканов?

КЛАРА: Есть ли надежда, что люди когда-либо смогут «приручить» вулканы, как в сказке о Маленьком Принце?

Г.С.: На Мутновском вулкане, на Камчатке, уже несколько лет (не менее пяти) работает самая большая в России геотермальная электростанция. Мощность не помню, но уж точно, что не менее 50 тыс квт., а возможно больше 100... В Исландии, насколько, я знаю, природные источники тепла уже приручили: они используются очень широко. Там если что и дымит, так это домашние камины! В самом начале века по заданию губернатора Чукотки Романа Абрамовича мы исследовали возможности использовать термальные источники на Чукотке и выделили перспективные участки. Буровые работы, проведенные исландцами, подтвердили наши результаты. Но в 2004 году ситуация в стране начала изменяться и работа продолжения не получила.

КЛАРА: Опять – нерешенная проблема! А как развивается подводная вулканология?

Г.С.: Подводной вулканологией активно занимаются в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН на Камчатке. Но сейчас, ввиду высокой стоимости морских работ, работами на подводных вулканах занимаются меньше, чем 20-30 лет назад. Наиболее интересными мне представляются работы на «черных курильщиках» - мощных выходах вулканических газов на активных подводных вулканах, которые выносят многие элементы, формирующие подводные месторождения.

МАЙЯ: Генрих Семенович, а как вы оцениваете гипотезу о роли извержения вулкана Санторин в исходе ариев из области Южного Урала, представленную в Интернете А. Клесовым? --- Основная загадка в том, что Аркаим просуществовал всего двести лет. Примерно на рубеже XVI-XVII-го веков до нашей эры, 3600 лет назад, жители его покидают, забрав имущество и утварь с собой и оставив немного предметов, на порядок меньше, чем обычно находят археологи, и уходят неизвестно куда. 3600 лет назад произошло одно из самых больших в истории человечества извержение вулкана Санторин, он же Тера, в Эгейском море. Этот взрыв стер с лица земли минойскую цивилизацию на о. Крит. Вулканический взрыв выбросил в атмосферу 60 кубических километров (!) пепла, что привело к резкому и долгому понижению температуры по всей Земле. Свидетельства этому – кольца деревьев в Европе и Северной Америке. Усредненная датировка извержения, определенная радиоуглеродным методом, по кольцам деревьев по кернам льда - 3630 лет назад. Это, скорее всего, и есть то время, когда арии покинули Аркаим. Становится ясно, почему арии в индийских ведах уделили столько внимания холодам, отсутствию восходов солнца и долгим ночам. Именно это ввело в заблуждение индийского ученого Тилака в начале прошлого века, кто принял эти описания ариев за якобы условия жизни в Арктике.

Г.С.: С данными по извержению вулкана Санторин я знаком. То, что сильные извержения (как и ядерные взрывы) приводят к изменению температуры и при особой мощности извержения могут привести к климатическим изменениям и обусловить миграции и перераспределение этнических групп (и ареалов животных) – это очевидно. Но о связи перемещения ариев с извержением Санторина ничего научно обоснованного сказать не могу. Гипотеза выглядит логично, но она должна быть

доказана. Тезис «после этого – вследствие этого» еще не доказательство.

КЛАРА: А какие просветительские сайты можно посоветовать школьникам?

Г.С.: Честно говоря, я не слежу за «просветительскими сайтами».



ЖИВАЯ ВСЕЛЕННАЯ



В ГОСТЯХ У ПРОФЕССОРА ЧУКА - в апреле 1985 года

Заседание 75-е:
«Живая Вселенная»

ВЕДУЩИЙ: В эфире научно-популярная программа для школьников – Семинар нерешенных проблем!

(Песня)... (На фоне затихающей песни

предсеминарский шумок... Входит профессор Чук)

ЧУК: Здравствуйте, коллеги! ... (все здороваются)... Начинаем очередное заседание Семинара Нерешенных Проблем. По традиции апрельское заседание посвящено изучению космоса. И сегодня у нас снова в гостях астрофизик Алла Игнатьевна!... *(оживление)*...

АЛ. ИГН.: Что-то вы редко стали обращаться к проблемам астрономии и астрофизики, друзья ...

ВАРФ.: Бессовестно редко!

АЛ. ИГН.: Или ребятам это неинтересно?

КЛАРА: Что вы, Алла Игнатьевна! В каждой почте письма с вопросами о космосе, гипотезы, проекты ...

ЧУК: Но мы и вправду, все больше земными проблемами занимались в последнее время: палеонтологией, ветеринарией, школьной реформой.

СТ.СТ.: А ведь астрономия - одна из древнейших наук! Вся ее история чрезвычайно поучительна. Она насыщена драматической борьбой с религией и

реакцией. У истоков современной астрономии стояли великие ученые: Коперник, Галилей, Ньютон, Ломоносов...

АЛ. ИГН.: Вы делаете ту же ошибку, что и школа, друзья. В действующих учебных планах средней школы на астрономию отводится всего 35 учебных часов.

МАЙЯ: Не может быть! Так мало?!

АЛ. ИГН.: Представьте себе, Майя ... А ведь значение астрономии и в науке, и в жизни необычайно возросло!

МАЙЯ: Кроме всего прочего, нужно иметь в виду, что нынешние школьники будут работать уже в двадцать первом столетии, когда человечество приступит к практическому освоению планет Солнечной системы и космического пространства.

ВАРФ.: Конечно, астрономию нужно учить более обстоятельно: что такое – тридцать пять учебных часов?!

ЧУК: Вы абсолютно правы, уважаемые коллеги. Примерно такие же соображения высказали на страницах газеты «Правда» от 27 февраля этого года наши известные ученые – академики Амбарцумян и Соболев ...

МАЙЯ: А в первом номере журнала «Земля и Вселенная» за этот год кандидат педагогических наук Левитан предлагает интересный проект расширения школьного курса астрономии ... В перспективе к двадцать первому веку, возможно возникнут школьные астрономические центры, и там ребята займутся природоведением и астрономией, будут проводить астрономические вечера, олимпиады и викторины! «Здесь, - пишет автор, - сделают свои первые шаги в

космос будущие исследователи Вселенной...» Но это – перспектива... А в ближайшее время было бы неплохо наладить поэтапное изучение астрономии...

ВАРФ.: Как это – «поэтапное»?!

МАЙЯ: Очень просто! Малышам рассказывать о небесных явлениях, которые можно наблюдать невооруженным глазом. Надо их поближе познакомить с Солнцем, Луной, планетами и звездами.

КЛАРА: Можно это делать в виде бесед... или даже игр.

МАЙЯ: Конечно! А дальше постепенно вводить все новые астрономические знания: сначала элементарные законы, затем физику космоса, основы космонавтики.

ЧУК: Алла Игнатьевна! У меня к вам просьба: мы назвали тему сегодняшнего семинара «Живая Вселенная». Одно из величайших достижений астрономии и вообще современной науки – открытие того, что мы живем во Вселенной, которая все время меняется. Не расскажете ли вы ребятам, какие проблемы науки о строении и эволюции Вселенной волнуют ученых в наши дни?

АЛ. ИГН.: Попробую, хотя это далеко не просто ...

ЧУК: Прошу внимания! Слушаем Аллу Игнатьевну!

АЛ. ИГН.: Одно из самых поразительных явлений окружающего нас астрономического мира – расширение Вселенной. Наблюдения астрономов свидетельствуют, что мы живем в мире разбегающихся галактик. В какой бы галактике ни находился воображаемый наблюдатель, он все равно бы отметил, что все остальные звездные системы от него удаляются. ... (переговоры) ...

КЛАРА: Алла Игнатъевна, а сколько всего галактик?

АЛ. ИГН.: Миллиарды, Кларочка.

КЛАРА: И все разбегаются?

АЛ. ИГН.: И все разбегаются.

КЛАРА: (лукаво) А когда они совсем разбегутся, что будет? ... (оживление) ...

АЛ. ИГН.: (в тон ей) А это – нерешенная проблема, дружок. Теоретики утверждают, будто Вселенная начала расширяться 10-20 миллиардов лет назад ...

СТ.СТ.: Историческая справка: заложил основы теории расширяющейся Вселенной советский математик и физик Александр Александрович Фридман – 60 лет тому назад.

АЛ. ИГН.: Совершенно верно, Степан Степанович! И уже 60 лет назад эта теория предсказывала возможность разных путей развития астрономического мира. Все зависит от массы Вселенной. Если она меньше критической, расширение должно продолжаться неограниченно. Если больше – со временем расширение Вселенной должно смениться сжатием, а затем вновь произойдет расширение – и так без конца ... До сих пор теоретики конструируют разные модели и не могут решить, какая из них ближе к реальности. Идет поиск. Для выбора между моделями необходимо оценить массу Вселенной. А это пока не удается.

СТ.СТ.: (шутит) Не все звезды еще пересчитали?

АЛ. ИГН.: (мягко) Звезды, Степан Степаныч, почти все пересчитали ...

ВАРФ.: (перебивает) Проблема – как оценить скрытую массу Вселенной, верно, Алла Игнатъевна?

АЛ. ИГН.: (улыбаясь, одобрительно) Совершенно верно, Варфоломей.

СТ.СТ.: А это еще что за штука такая – скрытая масса?

ВАРФ.: Оказывается, астрономы не знают толком, из чего состоят галактики!

СТ.СТ.: А разве не из звезд?

ВАРФ.: Думали, из звезд ... А теперь все больше накапливается данных о том, что внутри галактик существует огромное количество невидимого вещества ... То ли это черные дыры ... то ли нейтрино ...

СТ.СТ.: Нейтрино? Это какие-то элементарные частицы?

ВАРФ.: Не какие-то, Степан Степаныч, а совершенно удивительные. Они проносятся сквозь всю Землю со скоростью света. Триллионы нейтрино только что проскочили сквозь вот эту газетную страницу ... (реагж) ... Сначала теоретики в 1930 году предсказали, что должна существовать частица без заряда и массы ... Назвали вымышленную частицу – нейтрино ... Через тридцать с лишним лет удалось зарегистрировать нейтринные взаимодействия в экспериментах ... А после 1980-го года начали появляться экспериментальные данные, которые свидетельствуют, что масса нейтрино может оказаться вовсе не нулевой... Причем, нейтрино во Вселенной очень много и с учетом их массы, масса Вселенной как раз и превысит критическую!

КЛАРА: Ты все запутал, Варфоломей!

АЛ. ИГН.: Нет-нет, Кларочка, Варфоломей говорит прямо по существу дела. От того, будет ли найдена масса покоя у нейтрино – в корне зависит решение

вопроса о судьбе Вселенной. Будет ли она расширяться вечно? Или в какой-то момент Вселенная начнет сжиматься?

ЧУК: Между прочим, это вообще характерная черта астрономии XX века: для объяснения космических явлений привлекаются закономерности мира элементарных частиц.

АЛ. ИГН.: Да-да. явления, протекающие в космосе, не могут быть поняты без учета достижений современной физики. В частности, физики элементарных частиц!

ВАРФ.: Но справедливо и обратное, Алла Игнатьевна: многие проблемы современной физики можно решить только с помощью космических исследований.

АЛ. ИГН.: Конечно! Вы абсолютно правы. Скажем, физиков интересуют энергии порядка 10^{15} в 10^{16} -й степени гигаэлектронвольт. В земных лабораториях они не достижимы. А вот в природе, на ранних стадиях развития Вселенной, - когда еще не было ни звезд, ни планет, - они существовали!

МАЙЯ: Да, но когда это было, Алла Игнатьевна: миллиарды лет назад! Все давно прошло.

ВАРФ.: В том-то и дело, Майечка, что не прошло! ... (реакж) ... В этом и прелесть астрономии, что в ней можно наблюдать события, происходившие миллиарды лет назад ... (реакж) ...

МАЙЯ: Не понимаю!

ВАРФ.: Ну-у, это так просто ... Скорость распространения электромагнитных волн конечна, так?

МАЙЯ: Согласна.

ВАРФ.: Значит, чем дальше от нас тот или иной космический объект, тем дольше идет от него излучение ... И как бы в тем более отдаленном прошлом мы его наблюдаем! ... (реакж) ... Скажем, радиогалактика в созвездии Лебеда предстает перед нами такой, какой она была около семисот миллионов лет назад ... А некоторые радиогалактики мы наблюдаем с опозданием, по-видимому, на 10 и более миллиардов лет!

МАЙЯ: Логично.

ЧУК: Да, но только вы, Варфоломей, не даете слова сказать Алле Игнатьевне.

АЛ. ИГН.: Нет-нет, я совсем не против: Варфоломей мне сегодня прекрасно помогает ... (оживление) ... Действительно, регистрируя различные электромагнитные волны, приходящие на Землю из глубин космоса, мы в принципе можем получить информацию о ранних стадиях эволюции Вселенной! Здесь следует сказать несколько слов и о том, как много нового приносит использование современной техники наблюдений. Астрономия преобразовалась с середины нашего века, когда появились приборы и инструменты для регистрации в самом широком диапазоне волн – от метровых до гамма-лучей, где длины волн составляют миллиардные доли миллиметра.

ЧУК: По образному выражению члена-корреспондента Академии Наук Шкловского, астрономия в наши дни стала всеволновой.

АЛ. ИГН.: Совершенно верно – именно всеволновой! Небывалые возможности принесло астрономии и

развитие космонавтики. Земная атмосфера не пропускает к нам космическое рентгеновское излучение. Впервые рентгеновские лучи внеземного происхождения были зарегистрированы от Солнца только в 1949 году, когда удалось поднять над земной атмосферой на ракете первый рентгеновский телескоп. Сейчас рентгеновская астрономия – огромная сложная наука. Оказалось, среди звезд даже нашей Галактики многие излучают почти только рентгеновские волны ... Разве могли мы наблюдать их раньше? Конечно, нет!

ЧУК: Теперь, благодаря успехам рентгеновской астрономии, на прочную наблюдательную основу встала задача исследования нейтронных звезд и черных дыр...

СТ.СТ.: Напомните, пожалуйста, что это за объекты?

АЛ. ИГН.: Конечные этапы эволюции звезд, Степан Степанович. Молодые звезды – это газовые сгустки, в недрах которых идут термоядерные реакции. Когда энергия внутри звезды иссякает, звезда сжимается. Звезда поменьше становится белым карликом – слабо светящимся плотным телом, размером с нашу Землю. Звезды более массивные, сжимаются до 10-20 километров в диаметре и уплотняются так, что наперсток их вещества на Земле весил бы больше, чем все наши автомобили, вместе взятые... (реакж)...

ЧУК: Это и есть нейтронная звезда – все вещество в ней превратилось в нейтроны.

АЛ. ИГН.: Да. А самые массивные звезды уплотняются так, что уже ни вещество, ни свет не могут вырваться из сферы их притяжения. Это – черная дыра!

ЧУК: Сами по себе и нейтронные звезды, и черные дыры невидимы. Но иногда они образуют тесные двойные системы с обычными оптическими звездами и так меняют поведение этих звезд, что выдают свое присутствие.

СТ.СТ.: Понятно. Спасибо.

ЧУК: Например, нейтронные звезды и черные дыры могут вызывать отток вещества из оптических звезд, то есть аккрецию.

АЛ. ИГН.: При этом может возникнуть мощное излучение в рентгеновском диапазоне. Сейчас активно разрабатывается теория таких небесных систем и идет их поиск. Уже известно несколько сот: и в созвездии Скорпиона, и в созвездии Лебедя...

ВАРФ.: В созвездии Орла очень интересный рентгеновский объект – знаменитый «эс-эс 433»: из него в двух противоположных направлениях – выбрасываются две узкие струи газа с огромной скоростью: 80000 километров в секунду!

АЛ. ИГН.: Да, это один из самых вероятных кандидатов в черные дыры...

ЧУК: Современные астрономы сравнивают себя с ботаниками XVIII века. «Мы все еще пробираемся сквозь джунгли, - говорят они, - и находим все новые растения, которые с трудом классифицируем».

АЛ. ИГН.: ...Пока ясно только одно: вся, доступная для наблюдения Вселенная, полна жизни, и какой жизни!

Это просто арена бешеных фейерверков! Галактики, выбрасывающие из себя гигантские струи вещества! Взрывающиеся звезды, которые сдавливают межзвездный газ и разогревают его до миллионов градусов!... Кажется, вся Вселенная сотрясается от взрывов ... Из межзвездного газа рождаются звезды, которые снова превращаются в межзвездный газ ... Этот круговорот идет и поныне. ... Я думаю, тем ребятам, кто всерьез интересуется проблемами современной астрономии, можно посоветовать только один путь: очень много читать самим! Читать, обсуждать прочитанное с друзьями.

ЧУК: Не ждать, пока изменится школьная программа?

АЛ. ИГН.: Да, безусловно, не ждать: потому что лавина открытий в астрономии все ускоряется.

ЧУК: Ну что же, большое спасибо, Алла Игнатьевна, за ваш рассказ и совет. Думаю, ребята ему последуют. А мы в свою очередь можем им помочь – выслать списки литературы о развитии Вселенной.

КЛАРА: Только не просите, ребята, книги: их мы выслать не можем. Книги и журналы, которые мы вам назовем, ищите сами: в библиотеке, в магазинах, у друзей ... Мы вышлем всем желающим только списки литературы.

ЧУК: Хорошо. Теперь, поскольку время еще осталось, - мы попросим прощения у Аллы Игнатьевны, - и спустимся с небес на землю. Мы обещали ребятам подвести итоги конкурса на лучшее описание доисторических животных. Нас ждут. Прошу вас, коллеги!

(шуршание писем)

СТ.СТ.: Сначала вы, Майя ...

МАЙЯ: Пожалуйста. Я начну со сказки, которую прислала нам третьеклассница Ксения Кожушная из города Брянска. Вот рисунок Ксении: ископаемые ящеры ...

АЛ. ИГН.: Один в гнезде сидит на вершине горы, - странно ... как он туда забрался?

ВАРФ.: А еще один прямо по горам шагает ...

МАЙЯ: Послушайте сказку, не будете удивляться! «Когда-то давно жили на свете Динозавры...» - Обратите внимание – Динозавры с большой буквы! (оживление) ... «И были они такие большие, что деревья им казались кустами, а горы – холмами, океаны – морями, а моря – озерами, озера - прудами, пруды – лужами, а луж Динозавры не замечали ... Не замечали, не замечали – и простудились, и умерли. Нет теперь Динозавров». ...

ЧУК: Замечательная сказка.

КЛАРА: Неужели она сама ее сочинила?! ... *(переговоры)*.

МАЙЯ: Эта сказка, как, впрочем, и все письма ребят, и рисунки доисторических животных очень понравились сотрудникам Палеонтологического Института Академии Наук. По их просьбе мы все письма и рисунки наших слушателей передали в Фонд Музея Палеонтологии. Так что, когда откроется Музей в новом здании, может быть, кто-то из ребят найдет свои рисунки в его витринах!

ВАРФ.: Вот это здорово!

КЛАРА: Просто замечательно!

ЧУК: Да, думаю, ребята будут довольны. Ну, а как же результаты конкурса?

МАЙЯ: Высококвалифицированная конкурсная комиссия палеонтологов разобрала все письма и рисунки. Сейчас Степан Степанович расскажет о результатах.

СТ.СТ.: Задача стояла не простая. Посмотрите сами: рисунков – гора!

АЛ. ИГН.: И какие красивые ... вот этот, например, - кто это такой?

СТ.СТ.: Стегозавр, таких много: вот еще ...

АЛ. ИГН.: Совсем одинаковые!

СТ.СТ.: Видимо, ребята перерисовывали из одной и той же книги.

АЛ. ИГН.: Это хорошо или плохо?

ВАРФ.: Если хорошо перерисовано, - конечно, хорошо!

АЛ. ИГН.: Да, но ведь это не творческий подход!?

ВАРФ.: Зато видно, ребенок владеет техникой рисунка, - а для палеонтолога это очень важно!

АЛ. ИГН.: Вы так думаете?

ВАРФ.: Уверен!

МАЙЯ: Очень творчески исполнил задание Артем Чернецов из Кургана. Замечательные рисунки! Вот на двух ногах стоит чудовище. «Как он называется, - пишет Артем, - я не знаю. Если бы он жил сейчас, смог бы взглянуть в окно четвертого этажа. Он не был сильным, но не был и слабым. Он питался остальными, кто был его слабее»... (реаж) ...И еще два интересных существа, совсем другие! И явно ни откуда не перерисованные! ... (реаж) ... Самые творческие рисунки, впрочем, - у младших школьников. Вот Саша Вовк из Алма-Аты – 8-ми лет – нарисовал безрогого

носорога индрикотерия ... Видите? Не очень профессионально, но все палеонтологи в один голос сказали: животное сразу узнается!

ЧУК: (шутит) Прямо наскальный рисунок, да и только ...

МАЙЯ: Сережа ... фамилию не написал ... из Уфы ... Очень симпатичного бронтозавра изобразил и правильно его описал. Взгляните!

КЛАРА: Какой смешной!

МАЙЯ: А вот, судя по почерку, тоже младшеклассник: Ключев Миша из Калинин, - нарисовал муравья – царя Юрской природы – длиной 1 метр.

КЛАРА: Мы ведь говорили о гигантских насекомых!

СТ.СТ.: К сожалению, именно в юрский период муравьев не найдено. Самые древние их останки обнаружены в янтаре, возрастом всего в 25 миллионов лет ... А юрский период – это около ста пятидесяти – двухсот миллионов лет тому назад! Этот муравей – вымысел ученого и писателя – фантаста Обручева.

ЧУК: Каких еще животных ребята нарисовали?

СТ.СТ.: Самых разных.

МАЙЯ: Большинство – динозавров.

СТ.СТ.: Да. А вот еще 15 стегозавров.

АЛ. ИГН.: Страшный какой, несуразный ...

КЛАРА: На дракона похож!

МАЙЯ: Да.

СТ.СТ.: Да, он самый сказочный на вид, видимо потому так и привлек внимание ребят. Самое полное описание и самый красивый рисунок стегозавра - у Лены Барановой из Тольятти.

МАЙЯ: Лена прислала и рисунок рогатого динозавра трицератопса с очень полным описанием!

СТ.СТ.: Да. А вот самый смешной стегозавр – у Наташи Винокуровой из Перми... (гур-гурчик) ... 16 штук хищных динозавров – тираннозавров и тарбозавров ...

МАЙЯ: Кстати: многие ребята мечтают стать палеонтологами и спрашивают, где учиться на палеонтолога? Отвечает: только не в Палеонтологическом Институте! Это научно-исследовательский институт. А палеонтологом можно стать, - получив, например, в одном из университетов, специальность зоолога, ботаника, энтомолога, геолога, ихтиолога ...

СТ.СТ.: Так. Вот очень живописные композиции из рогатых динозавров и диплодоков – крупных растительноядных динозавров ... И очень понравился ребятам утконосый динозавр – зауролоф. Вот они!

АЛ. ИГН.: Очень выразительные!

СТ.СТ.: Инга Галкина из Саратова прислала замечательную акварель и очень полное описание зауролофа, а пятиклассница Ира Пермякова из Петропавловска – очень хороший рисунок карандашом ... (гур-гурчик) ... На этом динозавры кончились, и пойдут другие интересные ящеры. Морские: ихтиозавры, плезиозавры ... Саша Кулычев из Коломны. 11 лет.

ЧУК: Замечательный плезиозавр: синий, в голубом море с волнами!

СТ.СТ.: Несколько рисунков летающих ящеров ... (реаж) ...Карине Пуките из Бийска. 10 лет. Пишет: «Летающий

ящер птеродактиль: не то птица, не то ящерица; крылья, как у летучей мыши, ростом с галку». ... (оживление) ...

МАЙЯ: Там еще много нарисовано, видно, что Карине выполняла наше задание с удовольствием.

ЧУК: Что там говорить: молодцы ребята, потрудились на славу!

СТ.СТ.: Двое ребят: Лена Хренова из Пензы и Ира Жукова из Высоковска Московской области, - описали интересную ящерку – чешуйчатника удивительного ... Вот она ... Видите: десять пар длинных чешуек.

КЛАРА: Как крылья стрекозы ... Она летала, интересно?

СТ.СТ.: Видимо. Или по крайней мере вспархивала.

ВАРФ.: Интересно, Клара, а зачем бы ей еще были нужны крылья?

СТ.СТ.: Может быть и для сигнализации! Назначение крыльев у древних животных далеко не всегда ясно, Варфоломей.

ВАРФ.: Серьезно? И тут нерешенная проблема? ...

СТ.СТ.: Конечно... Так. Останки чешуйчатника найдены в Фергане...

АЛ. ИГН.: Неужели ваши слушатели даже знают, где какие ископаемые найдены?

МАЙЯ: Еще как знают, Алла Игнатьевна! Шестиклассник Алеша Филиппов из Читы так описал историю находок зверозубых ящеров в Предуралье, что палеонтологи удивились! Это просто маленький серьезный реферат ... Видимо. Алеша или серьезную литературу нашел, или серьезных консультантов ... И в том, и в другом случае – просто молодец!

СТ.СТ.: Так. Давайте двигаться дальше. Вот археоптериксы – древние птицы. Очень подробное описание с хорошим рисунком у Ренаты Закс из Львова. Вот древние млекопитающие. Разные. Интересные рисунки саблезубых кошек-махайродов... (реакж) ...мамонта ... индрикотерия ... (реакж) ...есть болотный мастодонт...

ЧУК: А вот какой симпатичный зверь – чей это, Степан Степаныч?

СТ.СТ.: Это Олег Хлопков, пятиклассник из Ульяновска, нарисовал халикотерия ...

ЧУК: Как-как?

СТ.СТ.: Халикотерия. Это безрогий носорог, у которого копыта превратились в когти ...

ЧУК: Как интересно! А зачем?

СТ.СТ.: Он, видимо, мог, как и современные африканские антилопы, вставать на задние ноги, а передними подтягивать ветви деревьев, чтобы объедать листву ...

ЧУК: Понятно. Мог, видимо, и корни вырывать из земли?

СТ.СТ.: Думаю, мог ...

МАЙЯ: Трое ребят нарисовали аммонитов...

ЧУК: Да, мы ведь о них рассказывали.

СТ.СТ.: Двое – ракоскорпионов ...

МАЙЯ: Рыбы. Замечательные рисунки у третьеклассника Алеши Горелова из Саратова и у Наташи Сидоровой.

СТ.СТ.: И вот, наконец, группа самых серьезных работ...

ВАРФ.: Да-а, есть и такие?

СТ.СТ.: А как же.

ВАРФ.: Ого: целые альбомы!

СТ.СТ.: Слава Заруцкий из Новосибирска. Очень грамотное описание древних насекомых. Молодец! ... (реакж) ... Андрей Матросов из Ульяновска занимается в клубе «Плутония». На трех страницах список древних животных!

КЛАРА: Вот это да!

СТ.СТ.: Прекрасное письмо прислал Алик Хлюпин из Кирово-Чепецка.

МАЙЯ: Просто замечательное! Алик руководит поисковой палеонтологической группой «Эврика». Вы представьте себе, ребята ходят по родному краю и уже занимаются палеонтологией! У них своя коллекция из полутора тысяч окаменелостей! Только прошлым летом 33 похода провели!

СТ.СТ.: И все-таки, самые лучшие работы, пожалуй, у Светланы Удинцевой из села Елань Свердловской области и Ержана Кожахметова из села Абай Кокчетавской области. Светлана прислала целую тетрадь и с рисунками, и с подробными описаниями разнообразных ископаемых животных. Она ссылается на литературу, глубоко ее анализирует, высказывает свои мысли, о том, что повлияло на расцвет и гибель динозавров.

МАЙЯ: Да-да, это – самая серьезная и полная работа!

СТ.СТ.: Ержан Кожахметов мечтает стать палеонтологом. Он описаний не прислал, но вот зато целая папка его замечательных рисунков. Специалисты палеонтологи считают, что рисунки сделаны так тщательно и с такой любовью, что мальчику, конечно,

нужно осуществить свою мечту. Куда пойти учиться, мы уже говорили ...

ЧУК: Ну что же, благодарю всех за отличное выполнение домашнего задания! Успехов вам, будущие палеонтологи! Будем рады узнать о ваших новых открытиях, проектах, гипотезах. Пишите, не стесняйтесь! 113326. Москва. Радио. Детская редакция. Мне - профессору Чуку.

В ГОСТЯХ У ПРОФЕССОРА БЛИННИКОВА - летом 2009 года



Сергей Иванович Блинников:

астрофизик. Родился в 1948 году в городе Оха Сахалинской области. Окончил физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова. Доктор физико-математических наук. Автор многих научных публикаций. Книга "Astrophysics of Exploding Objects" (2000) вышла в издательстве Университета города Осака (Osaka Univ.), Япония.

МАЙЯ: Сергей Иванович, 25 лет назад на семинаре профессора Чука, посвященном изучению космоса, нас волновали такие проблемы, как перспективы расширения курса астрономии в школе, развитие представлений о расширении Вселенной, реальность оценки скрытой массы Вселенной и возможный вклад в эту массу такой частицы, как нейтрино. Мы обсуждали тогда данные о нейтронных звездах и черных дырах как этапах эволюции звезд. Говорили о том, какая бурная жизнь кипит во Вселенной... Что нового пришло в понимание космоса с началом нового века и нового тысячелетия? О чем спорят сейчас астрофизики?

С.И.: В наши дни, как и в конце прошлого века, мы тоже можем сказать, что специалисты астрофизики "старались, но пока не смогли" полностью решить космологическую проблему, хотя понимания сейчас гораздо больше, чем 30 лет назад. К тексту вашей старой передачи я бы сделал только одно замечание: более аккуратно следует говорить не "критическая масса", а "критическая плотность (масса в единице объема) вселенной", так как, если плотность - критическая или выше критической, то масса уже бесконечна. Всё остальное - просто замечательно.

КЛАРА: Мы с Майей прочитали перед встречей с вами в ноябрьском номере журнала "Новый Мир" за 2008 г. вашу статью «Открытие Вселенной».

С.И.: Кстати: эта статья доступна всем желающим на сайте http://magazines.russ.ru/novyj_mi/2008/11/bl11.html.

КЛАРА: В Интернете вообще много интересных материалов об изучении космоса. Есть очень красивые фотографии и даже компьютерные анимации!

С.И.: Обычно для фото я смотрю: <http://apod.nasa.gov/apod/> и <http://www.universetoday.com/>.

МАЙЯ: Судя по материалам из Интернета, и ученых, и педагогов беспокоит, что изучение астрономии в школе не только не

расширено в начале нового века, но практически вообще сворачивается! Я посмотрела в Интернете: астрономию как предмет преподают в ряде школ Москвы и С-Петербурга, в республике Коми, в Уссурийске, Рязани, Переславле-Залесском... Но учителя сетуют на то, что учебные программы отстают катастрофически от современных научных представлений о космосе.

КЛАРА: Между прочим, в ознаменование четырехсотлетия использования телескопа для астрономии Международный астрономический союз принял решение объявить 2009 год Международным годом астрономии (МГА-2009). Это решение было поддержано ЮНЕСКО и 20 декабря 2007 года было одобрено Генеральной ассамблеей ООН. 15 января 2009 года в Париже, в штаб-квартире ЮНЕСКО состоялась торжественная церемония открытия Международного года астрономии. Мероприятия МГА-2009 как раз преследуют цели усиление общественной поддержки научных исследований, улучшение качества научного образования на всех уровнях, привлечение интереса молодежи к научной деятельности.

С.И.: В Москве с 25 по 27 марта проходила конференция "Астрономия и общество" в рамках мероприятий Международного года астрономии. Форум был организован Национальным комитетом российских астрономов, Астрономическим институтом имени Штернберга МГУ, Институтом астрономии РАН, Международной организацией "Астрономическое общество" и Научным советом по астрономии РАН. Российские астрономы обратились к властям страны с просьбой вернуть преподавание астрономии в школах, восстановить астрономическую подготовку в педагогических вузах и обеспечить господдержку популяризации этой науки. В резолюции конференции говорится: *"Ликвидация астрономии в средней школе неминуемо создает благоприятную почву для повсеместного распространения*

лженаучных представлений о мире (астрология, магия, колдовство) в условиях, когда научно-популярная литература недоступна широким кругам населения из-за высоких цен".

КЛАРА: Мы можем рекомендовать школьникам, которые интересуются современными проблемами астрофизики, вашу замечательную статью в «Новом мире»!

МАЙЯ: И не только школьникам. Устройство Мира волнует любого думающего человека, необязательно глубоко понимающего современную физику, а быстрое накопление знаний дает такой объем информации, что ее уже не способен осмыслить и узкий специалист. Очень важно, что вы изложили в доступной для неспециалистов форме новые представления, которые появились в космологии.

С.И.: Я постарался осветить лишь небольшую часть обширной темы о расширении Вселенной и опирался при этом только на известные (и понятные мне) факты. Моей целью в этом очерке было не написать строгое справочное или учебное пособие, а побудить заинтересованного читателя к изучению других доступных источников. Ведь мы живем в очень волнующую эпоху — открытие нашей Вселенной еще не состоялось: оно происходит на наших глазах.

КЛАРА: Неужели все еще не состоялось?! Небесные явления изучают уже сотни лет!

С.И.: Не сотни, - тысячи лет! Тем не менее, открытие нашей Вселенной происходит на наших глазах. Возьмите такое свойство Вселенной, как ее расширение. Этот грандиозный процесс был открыт 80 лет назад, но до сих пор в нем много загадочного.

КЛАРА: О расширении Вселенной нам еще Алла Игнатьевна рассказывала на семинаре профессора Чука. Тогда, правда, мне никто не смог объяснить, что будет, когда закончится разбегание галактик? Может быть, вы мне сейчас скажете?

С.И.: Над этой проблемой астрофизики продолжают работать и в нашем веке.

КЛАРА: Хорошо – подожду еще!

МАЙЯ: А с проблемой скрытой массы астрофизики разобрались?

С.И.: Об этом я подробно пишу в «Новом мире»...В решении этой проблемы астрофизики существенно продвинулись вперед, но появились новые проблемы...

КЛАРА: Одним словом, - будущим исследователям скучать не придется?

С.И.: Ни в коем случае!

МАЙЯ: А из каких частиц состоит Вселенная, выяснилось?

С.И.: Очень хороший вопрос, но коротко на него не ответишь! Однажды Ричарда Фейнмана попросили привести единственную фразу, которая объясняла бы максимальное число наблюдаемых явлений природы. Знаменитый физик ответил: “Вещество состоит из атомов”. Помню, этот пассаж произвел на меня большое впечатление, — тогда я еще учился в московской математической школе № 7. Действительно, очень многое можно объяснить, понимая атомное строение вещества. Примерно так же я воспринимал мир и позднее, когда слушал в ГАИШе (Государственном астрономическом институте им. П. К. Штернберга) и на физфаке МГУ лекции по космологии моего учителя Якова Борисовича Зельдовича. И вот теперь, в начале XXI века астрофизики вынуждены признать, что существующих представлений об атомном строении вещества далеко не достаточно, чтобы объяснить процессы, происходящие во Вселенной.

МАЙЯ: Меня лично не перестает удивлять, как в современной космологии новые научные представления создаются из сочетания наблюдений за небесными явлениями и знаний о поведении атомов и элементарных частиц! А как обстоят дела с проблемой скрытой массы Вселенной?

КЛАРА: Да, Сергей Иванович, расскажите, пожалуйста, про темную материю... Об этом много пишут, но я ничего не могу понять!

МАЙЯ: Еще непонятнее - про темную энергию...

С.И.: В последние десять лет стало почти общепринятым считать, что примерно 95 процентов средней плотности наблюдаемой Вселенной не определяется обычным веществом, то есть Вселенная в основном состоит не из атомов. Специалисты считают, что обнаружено антитяготение, которое в основном и определяет динамику нашей Вселенной. Предполагается, что это антитяготение создает необычная субстанция, которую можно уподобить пятому элементу древних, — кроме воды, огня, земли и воздуха, — *квинтэссенции* — “quinta essentia”. Эти “элементы” очень далеки от наших представлений о химических элементах. Скорее это описание различных фазовых состояний вещества: твердого, жидкого, газообразного. Аристотель полагал, что вечные и неизменные звезды не могут состоять из преходящих земных элементов, а состоят из некоего неизменного эфира — пятой субстанции, квинтэссенции. Сейчас мы знаем, что звезды, которые излучают и взрываются у нас на глазах, состоят из плазмы — то есть из огня по представлениям древних. А вот Вселенная действительно, возможно, заполнена практически неизменной, несжимаемой квинтэссенцией, которая создает антитяготение. Эту субстанцию чаще всего называют темной энергией (Dark Energy). Ученые полагают, что темная энергия приводит к “наблюдаемому” ускорению расширения Вселенной. Ни в коем случае нельзя путать темную энергию с “темной материей” (Dark Matter): разницу я детально объясняю в статье «Открытие Вселенной». Пока только скажу, что темная материя наверняка существует и состоит, скорее всего, из необычных частиц (а может быть, из атомов, имеющих совершенно неожиданные свойства). Но темная материя — это сжимаемое, более или менее

нормальное вещество, порождающее обычное тяготение. А вот в реальном существовании несжимаемой темной энергии пока еще можно сомневаться.

КЛАРА: Скажите, пожалуйста, еще на семинаре профессора Чука, Варфоломей и Алла Игнатьевна говорили, что давать вклад в темную материю могут такие частицы, как нейтрино. А известны сейчас какие-то новые частицы, которые тоже могут объяснять это явление? Я читала, что есть такая частица *нейтралино* - вроде нейтрино, но тяжелее?

С.И.: Верно, есть такая гипотетическая частица. Она гораздо тяжелее нейтрино, которое, по крайней мере, в миллиарды раз легче протона. Нейтрино - реально открыто уже давно. Но сейчас ясно, что масса нейтрино слишком мала, чтобы объяснить темную материю. Если такая частица, как нейтралино (с массой в сотню раз больше, чем у протона), будет открыта на Земле или в Космосе, то это сможет объяснить массу фактов. Но пока это — нерешенная проблема...

КЛАРА: Хорошо!

С.И.: Ещё есть много и других кандидатов в частицы Тёмной материи. И даже попытки изменить закон тяготения Ньютона-Эйнштейна на больших расстояниях. Правда, такие попытки менее успешны для объяснения наблюдений: без Тёмной материи, видимо, все же никак нельзя обойтись. Однако количество такой невидимой материи в Космосе определяется истинной формой закона гравитации на огромных расстояниях. А сам этот закон ещё твёрдо не установлен... - Снова — нерешенная проблема!

КЛАРА: Час от часу не легче: и в обычной-то жизни — сплошь темные дела, так еще в небесах - темная материя и темная энергия!

МАЙЯ: Если я правильно понимаю, и темная материя, и темная энергия - пока область споров между специалистами?

С.И.: Сомневающиеся в реальности темной энергии астрономы и физики находятся сейчас в меньшинстве. Но истина в науке не

определяется голосованием. Исследования в этой области продолжаются.

МАЙЯ: Сергей Иванович! А как бы вы ответили на вопрос Клары о разбегании галактик? Можно ли объяснить неспециалисту, как измеряют скорости и расстояния до галактик?

КЛАРА: По-моему, измерять расстояния между галактиками – все равно, что между вирусами: и то и другое мы не воспринимаем!

С.И.: Для этого и изобретают приборы и совершенствуют методы их использования. Из лабораторных опытов еще в XIX веке физики узнали, что при быстром удалении источника света (а позже радиоволн, гамма-лучей и любого электромагнитного сигнала) длина волны увеличивается: свет сдвигается в красную часть спектра. Наоборот, при сближении приемника с источником длины волн уменьшаются, свет сдвигается к фиолетовой части спектра. Теорию этого явления создал австрийский физик Кристиан Доплер. Этот эффект можно показать на основе аналогии с лодкой, движущейся по волнам: в системе отсчета, связанной с лодкой, частота волн увеличивается, если лодка движется навстречу волне, и уменьшается, если лодка движется в ту же сторону, в которую бегут волны. В журнале «Новый мир» я подробно объясняю, как астрономы делают космологические выводы из реальных наблюдений за смещением линий в спектрах галактик.

КЛАРА: А откуда известно, что галактики именно “разбегаются”? И когда они разбегутся совсем?

С.И.: Начали они разбегаться очень давно. Но вот каким будет завершение этого процесса – пока не понятно.

КЛАРА: Все еще не понятно: хорошо – ждем дальше!

С.И.: Александр Фридман в 1922 году оценил возраст нашей Вселенной в 10 миллиардов лет, и эта оценка оказалась близкой к современным представлениям: сегодня мы оцениваем возраст Вселенной в 13 миллиардов лет. Значит, за сотню лет точных

астрономических наблюдений какие-то расстояния могли измениться лишь на одну стомиллионную. Но приборов такой точности пока нет, и вряд ли они когда-нибудь появятся. Пока расстояния в космологии измеряют с точностью до нескольких процентов, то есть в миллионы раз хуже, чем нужно для прямой проверки разбегания галактик... Кстати, надо отметить, что пока еще не устоялись даже сами представления о масштабах границ в звездном мире. Аристарх Самосский - до нашей эры помещал Солнце в центр мира. После него средневековые астрономы Николай Коперник и Джордано Бруно первыми сформулировали “космологический принцип”: предположили, что другие звезды сделаны из той же субстанции, что и наша Земля. После них границы Солнечной системы и познанной Вселенной все еще продолжают раздвигаться. В 20-х годах прошлого века физики стали всерьез обсуждать на основе общей теории относительности различные модели вселенных, в том числе и модели вселенной, конечной по объему. Но ведь в то время еще не были известны даже по порядку величины размеры Млечного Пути и не было твердо установлено, существуют ли вне его другие галактики.

МАЙЯ: Неужели в начале XX века еще не знали размеров Млечного Пути?!

С.И.: Не знали. Размеры орбит планет в Солнечной системе достаточно точно были вычислены уже в XVIII веке. Для этого фактически требовалось измерить только среднее расстояние от Земли до Солнца — астрономическую единицу. Формы орбит планет и комет, законы Кеплера и Ньютона были установлены еще раньше. Движение небесных тел Солнечной системы относительно друг друга можно было неплохо предсказывать, если пользоваться системой астрономических единиц для расстояний и периодом обращения Земли вокруг Солнца для времени. А вот в абсолютных размерах орбит можно было и сильно ошибаться.

Положение тел на небесной сфере для наблюдателя от этой ошибки почти не зависело.

МАЙЯ: А что знали астрономы о размерах нашей Галактики к началу прошлого века, когда Фридман оценил возраст Вселенной?

С.И.: Еще в XIX веке ученые начали аккуратно измерять расстояния и обнаруживать собственные движения близких звезд (представление о сфере неподвижных звезд давно исчезло). Тогда сложилось представление, что наше Солнце расположено близко к центру Галактики. И только к 1920 году американский астроном Харлоу Шепли правильно указал, что центр Галактики находится в направлении созвездия Стрельца, вокруг которого сгущались шаровые звездные скопления. Шепли далеко отодвинул Солнце от центра Галактики. Сейчас мы знаем, что до центра немногим больше 20 тысяч световых лет, и Шепли значительно завысил это расстояние. Но большинство астрономов в 20-е годы считали, что полный поперечник нашей Галактики в несколько раз меньше — порядка 8 тысяч световых лет (при этом Солнце располагали вблизи центра Галактики). Я подробно описываю в «Новом мире» историю “Великого спора” между Шепли и другим американским астрономом - Хебером Кертисом в 1922 году. Тогда никто из них никого не убедил. Но позже другим астрономам, которые разобрались в асимметрии звездных движений вокруг нас, удалось выяснить, где расположена и как вращается Галактика. В первой половине прошлого века удалось доказать и то, что спиральные туманности, такие как М31 (Туманность Андромеды) – вовсе не маленькие газовые образования, лежащие внутри Галактики или рядом с ней, а такие же звездные миры, как Млечный Путь.

КЛАРА: А как же все-таки узнали, что галактики разбегаются?

С.И.: В 1912 году телескоп в Аризоне позволил впервые обнаружить при постоянном наблюдении спектров галактик, что спектральные линии большинства галактик смещены в красную сторону спектра. Если это красное смещение связано со

скоростью, то оно указывает, что эти галактики удаляются от Млечного Пути. В 1929 году на новом в тот момент 100-дюймовом (около двух с половиной метров) телескопе на горе Маунт- Вилсон в Калифорнии Эдвин Хаббл (Hubble) сделал еще одно открытие. Он сумел оценить расстояния до галактик и увидел, что чем дальше галактика, тем больше ее красное смещение, — это так называемый закон Хаббла. Сегодня график зависимости красных смещений объектов от их расстояний называют диаграммой Хаббла.

МАЙЯ: Космология – удивительная наука: в ее развитии очень малую роль играют прямые наблюдения. Она непосредственно зависит от технического прогресса: новые знания появляются вслед за изобретением новых приборов!

С.И.: Знакомясь с историей изучения красного смещения галактик, убеждаешься, что не только технический прогресс важен для развития науки. Например, сам закон Хаббла был открыт на восемь лет раньше немецким астрономом Карлом Вирцем. Вирц был настоящим пионером наблюдательной космологии: он в 1921 году по данным для 29 спиральных галактик обнаружил, что чем дальше галактика, тем больше ее красное смещение. К сожалению, из-за трудностей, которые испытывала наука в Германии в то время, его исследования не получили поддержки. В 1936 году Хаббл был уже прославлен на весь мир, а попытки Вирца напомнить о своем приоритете ни к чему не привели, и его практически забыли.

МАЙЯ: Подобных грустных примеров немало и в истории нашей отечественной науки: например, в генетике. Великий генетик Николай Иванович Вавилов умер от голода в тюремных застенках...

С.И.: Да, это грустно сознавать. Но я хочу вернуться к вопросу Клары об оценках размеров и скорости движения галактик. Красные смещения спектральных линий можно измерять с

точностью порядка одного процента (хуже для удаленных слабых объектов и лучше для близких и ярких). Как же измерять расстояния? Эта задача сложнее измерения красных смещений. Несколько десятков лет назад при измерении расстояния до галактик ошибка могла составить до 100 %; сейчас считают, что астрономы могут измерить расстояния до близких галактик с точностью 10-20 %. В космографии используют различные методы определения расстояний, зависящие от тех измерений, которые можно реально провести. Например, пусть у нас есть объект, линейный размер которого мы знаем. Мы называем его “стандартной линейкой”. Приложить эту линейку много раз между нами и далекой галактикой мы не можем, но можем измерить угол, под которым видна эта линейка (развернутая к нам плашмя) с большого расстояния. Чем больше расстояние, тем меньше этот угол. То есть можно ввести в космографию “угловое расстояние”, или “расстояние углового размера” — по значению угла, под которым видна стандартная линейка. Астроном также может измерять расстояния с помощью источника света постоянной мощности, так называемой «*стандартной свечи*». Это понятно из житейского опыта: по мере удаления фонаря его свет постепенно слабеет. Если количество световой энергии в секунду измерять точными приборами, то можно точно сказать, на какое расстояние мы удалились от источника света. Конечно, если свет не рассеивается, скажем, в тумане. Такое расстояние называют фотометрическим. Часто пишут, что стандартными свечами являются, например, сверхновые типа SN Ia, но на самом деле эти сверхновые стандартными свечами не являются. Все же, именно с их помощью было открыто “ускорение расширения Вселенной”.

МАЙЯ: На семинаре профессора Чука наш астрофизик, Алла Игнатьевна, говорила, что для предсказания судьбы нашей Вселенной очень важно решить вопрос, происходит ли ее расширение с ускорением. Выходит, вопрос об ускорении

расширения Вселенной сегодня уже не относится к нерешенным научным проблемам?

С.И.: Да, и в этом нам помогло изучение сверхновых звезд.

КЛАРА: Сверхновые звезды – так красиво звучит!

С.И.: Сверхновые (Supernova = SN, Supernovae = SNe) — это вспышки звезд взрывного характера со светимостью, то есть с мощностью излучения в десятки миллиардов раз больше светимости Солнца. Одна сверхновая в течение достаточно короткого времени производит такую же световую мощность, как средняя галактика, состоящая из миллиардов звезд. Эта мощность и позволяет использовать сверхновые в космографии. Предложены различные объяснения происхождения энергии сверхновых, ищутся механизмы их взрыва. Большинство сверхновых взрывается в результате коллапса ядер массивных звезд, но самые яркие вспышки порождаются в термоядерных взрывах. Здесь необходимо дать краткое пояснение. Существует распространенное мнение, что звезды светят исключительно за счет термоядерной энергии. Но это не совсем так. Большую часть своей жизни звезды действительно светят за счет энергии термоядерных реакций, но самые молодые звезды ярко светят еще до начала реакций — они светят за счет гравитационной потенциальной энергии. Если с небольшой высоты сбросить камень, то его потенциальная энергия перейдет в тепло, когда он упадет на поверхность Земли. Если сбросить с орбиты спутник Земли, то он так нагреется, что станет ярким метеором в атмосфере. То есть свет часто порождается и без ядерных реакций. То же происходит и со старыми массивными звездами — в центре такой звезды перед коллапсом легкие элементы уже прогорели до железа, и важны не ядерные реакции, а огромная потенциальная энергия. Именно она может дать мощную вспышку при сжатии в нейтронную звезду. А звезды небольшой массы — в несколько масс Солнца — не сжимаются в нейтронную звезду, а

взрываются в конце своей жизни, как термоядерные бомбы. Правда, это происходит только при особенных условиях — в двойной звездной системе. Такие звезды называют сверхновыми типа Ia и обозначают SN Ia. Сверхновые Ia (SN Ia) удобны для измерения расстояний и определения геометрии Вселенной по нескольким причинам. Во-первых, это очень яркие объекты, богатую информацию о которых мы можем получать, даже если они взрываются в очень далеких галактиках с большими красными смещениями. Во-вторых, SN Ia на первый взгляд кажутся вполне однородным классом, если судить по их спектрам и формам кривых блеска. Когда-то считали, что их можно прямо использовать как стандартные свечи: казалось, что максимумы абсолютной светимости у разных сверхновых одинаковы, однако это не так. Более внимательное изучение SN Ia показало различия внутри этого класса.

МАЙЯ: Сергей Иванович! Помимо той огромной роли, которую играет в развитии представлений о космосе технический прогресс, насколько я понимаю, для астрофизиков очень важно умение создавать теоретические модели космических явлений. Не могли бы вы немного рассказать об этой стороне вашей работы?

С.И.: Теоретическая физика и астрофизика особенно должны решать так называемые "обратные" задачи. Например, мы видим вспышку сверхновой - но только отдельные кадры этой вспышки, причём только внешние слои в электромагнитном свете. Значит, мы должны придумать модель - как была устроена звезда перед вспышкой, как и какие слои взрывались, и т.п. Если бы мы знали в деталях эти начальные условия, то задача была бы прямой - была бы задача предсказать, а что же будет дальше. А тут задача обратная - надо перебирать, угадывать эти начальные условия. И делать много расчётов для сравнения с наблюдениями. Со Вселенной обратная задача ещё сложнее: звёзд и их вспышек очень много, на большом числе опытов со звёздами (эти опыты

ставит природа - не мы) мы обучаемся. А Вселенная у нас одна. Для моделей слишком большой простор, трудно обучаться. Первыми общерелятивистские модели Вселенной создали Альберт Эйнштейн, Виллем де Ситтер и Александр Фридман. Мы можем представить картину той маленькой стационарной Вселенной, модель которой пытался строить Эйнштейн еще до 1920 года, и сопоставить с реальностью, о которой мы знаем теперь: наблюдаемые масштабы изменились в миллионы раз и родилось понятие нестационарной Вселенной. Нехватку экземпляров Вселенной для опытов астрофизики заменяют изучением тонких деталей - например, в реликтовом излучении. Делают предсказания о том, что должно быть "видно" в других "излучениях", например, в нейтрино, в гравитационных волнах, в "суперсимметричных" частицах - всё это тоже реликты Большого Взрыва.

МАЙЯ: Сергей Иванович! Несмотря на различия в методических подходах и используемых технических средствах, все естественные науки занимаются одним и тем же: они открывают законы природы...

С.И.: Да, но при этом, заметьте, что "равнодушной природе" безразличны человеческие страсти, связанные с приоритетами открытий. Она живет по своим законам, которые, только пытается открывать человеческая наука.

МАЙЯ: Но сам человек, в том числе и ученый, не может быть равнодушен к природе и ее законам. Широко известно, что надгробие Канта долгие годы было увенчано надписью: *«Лишь две вещи поражают меня: звездное небо надо мною и нравственный закон внутри меня»*. Сергей Иванович! Две старых пьесы из нашего сборника комментирует профессор МГУ Лев Владимирович Белоусов. Лев Владимирович – автор учебника «Основы общей эмбриологии» заканчивает свой учебник разделом «Единые закономерности онтогенеза и эволюции», где пишет, что

современную науку интересует сходство внутренней динамической структуры онтогенеза (индивидуального развития) и эволюции, *«поскольку оба они являются наиболее ярким выражением необратимых самоорганизуемых биологических процессов»*. А заканчивается учебник Белоусова соображениями о том, что современная наука склонна рассматривать не только онтогенез и органическую эволюцию, но и эволюцию мира в целом, включая происхождение Вселенной, как единый самоорганизованный направленный процесс. *«Высказан антропный принцип»*, - пишет Лев Владимирович, - *согласно которому уже в первые доли секунды Большого Взрыва, породившего нашу Вселенную, физические процессы пошли таким путем, что предопределили возможность возникновения жизни вплоть до ее высших форм; возникновение человека, с этой точки зрения, также не является случайностью. Человек, как учат В.И. Вернадский, Тейяр де Шарден и другие мыслители, не есть случайная аномалия в чуждом и враждебном ему космосе; напротив, он органически связан с космосом своим происхождением, и именно поэтому человеческий мозг может познавать устройство мира»*. Что вы скажете по этому поводу?

С.И.: Я понимаю антропный принцип немного по-другому. Есть довольно спекулятивные теории Multiverse - что наша видимая Вселенная имеет один набор фундаментальных постоянных, а за горизонтом есть другие "пузыри" с другими константами. Так вот антропный принцип утверждает, что мы имеем наши константы такими, как они есть, только потому, что в нашем "пузыре" смогла возникнуть разумная жизнь. Очень давно И.С.Шкловский говорил о множественности параметров разных миров (о том, что в каких-то мирах были плохие наборы параметров, и там не возникла разумная жизнь). Но у Шкловского "миры" - это разные солнечные системы. А в антропном принципе - это разные реализации разных вселенных. Мне этот принцип не нравится – мол, разные

фундаментальные константы возможны, и только наши константы мы можем наблюдать. Мне больше нравится думать, что константы - и есть константы. Может быть они из великой будущей теории выйдут. А Вселенная одна (бесконечная или конечная). К реальности, мне кажется, ближе такая картина. Поиски гармонии и единой теории - это поход в обратном направлении: наша Вселенная такая, что даёт нам нашу математику и физику, которые эту вселенную и отражают. Разных математик и физик (т.е. физических моделей) много, надо отыскать отражающую реальность, т.е. гармоничную. Гармонию искали всегда на том уровне, на котором Вселенную познали – Кеплер искал соотношения радиусов сфер, Максвелл симметрию между электрическим и магнитным полями, потом появились СТО, ОТО, Янг-Миллс. Но сейчас мы ещё не знаем, например, есть ли суперсимметрия. Не знаем детали происхождения жизни - работы ещё много до того момента, когда познание упрётся в тупик. Если не упрётся, то соотношение между фундаментальными постоянными станет ясно в ходе познания.

КЛАРА: В прошлом веке мы высылали ребятам ссылки литературы по почте, но теперь ведь появился Интернет. Какой научно-популярный сайт по нашей теме могли бы вы им посоветовать?

С.И.:

[http://astro-all.narod.ru/;](http://astro-all.narod.ru/)

[http://www.gomulina.orc.ru/;](http://www.gomulina.orc.ru/)

<http://www.college.ru/astronomy/course/content/index.htm>

Вместо заключения:

**В ГОСТЯХ У СЕРГЕЯ НИКИТИНА –
летом 2009 года**



Сергей Яковлевич Никитин родился 8 марта 1944 г. в Москве, в семье военного Никитина Якова Григорьевича и Никитиной Веры Сергеевны. В 1962 г. окончил среднюю школу № 587 ФОНО г. Москвы по адресу Хилков пер. д№ 3. Окончил физический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова (1968) отделение акустики. Физик, кандидат физико-математических наук. Работал научным сотрудником в институте органической химии АН СССР и в институте биологической физики АН СССР.

Ещё в 1960-х Никитин активно занимался музыкой, участвовал в песенной самодеятельности, проявив себя как талантливый исполнитель, гитарист и вокалист, а также как сочинитель музыки. Играет на фортепиано, классической шестиструнной и семиструнной гитаре с особым минорным строем.

С 1962 г. пишет песни на стихи российских и зарубежных поэтов, таких, как Д. Сухарев, Э. Багрицкий, Б. Пастернак, Ю. Мориц, Ю. Левитанский, Г. Шпаликов, Д. Самойлов, В. Шекспир и других, а также на стихи выпускников физфака МГУ С. Крылова и В. Миляева. Первая песня, «В дороге» («Ночь и снег, и путь далек...») на стихи И. Уткина появилась у Никитина в декабре 1962г.

В репертуаре Сергея Никитина есть две песни на собственные стихи. Сергей Яковлевич был организатором и руководителем квартета физиков МГУ (1963—1967), а также квинтета физиков (1968—1977), в котором пела и Татьяна Хашимовна Садыкова, впоследствии ставшая женой композитора и его партнером по сцене.

Несколько лет [Сергей Никитин](#) проработал заведующим музыкальной частью московского театра «Табакерка» под руководством Олега Табакова, сотрудничал и с другими театрами. Кроме того, композитор много работает в кино, на радио и телевидении. В настоящее время Никитин — член Союза театральных деятелей РФ, заслуженный деятель искусств РФ, лауреат Царскосельской художественной премии (1997) и свободный художник.

В прошлом веке семинары профессора Чука звучали в эфире в сопровождении песни. Начиналась песня словами:

«Когда-то Лобачевский думал, кутаясь в пальто:
Как мир прямолинеен, - видно, что-то здесь не то!»
Были в этой песни и такие замечательные слова:

«Проблем на свете развелось, - и каждая – орех!
И белых пятен хватит нам – по тысяче – на всех!
И в том, что жизнь – задачник, никаких сомнений нет!
Ты только не спеши и не заглядывай в ответ»

К сожалению, река времени не сохранила документальных свидетельств авторства этой песни. Журналистка **Клара** и биолог **Майя** обратились за помощью к Сергею Никитину.

КЛАРА: Сергей Яковлевич! В прошлом веке на радио часто звучали песни в вашем исполнении. Не помните ли вы нашей песни?

С.Я.: Увы, - такой песни я не помню... В моем архиве есть другая песня: на слова поэта Вадиме Левина...

КЛАРА: Автора «Глупой лошади»?

С.Я.: Да. Она вполне могла бы подойти к вашей передаче, но она звучала в эфире в другой программе: которую вел Ролан Быков...

КЛАРА: Так: еще одна нерешенная проблема....

МАЙЯ: Ничего страшного... Сергей Яковлевич! Мы подготовили по материалам радиопередачи прошлого века сборник нерешенных проблем, которые волновали ученых в конце семидесятых – начале восьмидесятых годов прошлого века... Пытаемся сейчас, уже из нового века, из нового тысячелетия, оглянувшись туда, понять, какие из этих проблем решены, какие

не решены?... Как сложилась судьба людей, которые тогда занимались решением научных проблем? Чем они занимаются сейчас?... В прошлом веке вы ведь занимались физикой, да?

С.Я.: Да, в Пущино, в Институте биофизики.

МАЙЯ.: Какие вопросы тогда вас интересовали?

С.Я.: Тогда меня интересовал вопрос такой, если взять макромолекулу фермента, то мы увидим, что активный центр состоит, грубо говоря, из десятков атомов... И аминокислотные остатки составляют такую структуру как замок... А если взять субстрат – ту молекулу, которая является целью, - то он встраивается в этот центр как ключ к замку ... Но у этой макромолекулы еще есть сотни аминокислотных остатков... Возникает вопрос, зачем нужна такая большая молекула фермента, чтобы совершить химический акт в одном небольшом месте? Возникла гипотеза, что такое большое тело макромолекулы нужно для того, чтобы это тело как некое механическое устройство, как механический станок, могло концентрировать энергию механических колебаний в нужном месте ...

КЛАРА: Например, как токарный станок? Там ведь сам резец очень маленький, а станок такой огромный.

МАЙЯ.: А без него невозможно резать с нужной точностью и скоростью ...

С.Я.: Да... Чисто теоретически многие наши ученые высказывали тогда гипотезу, что глобула фермента есть некая машина... И тогда должна существовать связь между механическими свойствами макромолекулы как целого и химической активностью... Вот собственно этим я и занимался при помощи измерений скорости ультразвука. ...Это дает информацию о сжимаемости макромолекулы, именно как целого ...

МАЙЯ: В нашем сборнике в связи с обсуждением темы «Как клетка становится взрослым существом» профессор Белоусов как раз говорит о том, что проблемы механических свойств

биологически важных молекул ученые активно исследуют в наши дни...

С.Я: А я занимался этим в прошлом веке... Кроме ультразвуковых методов такую же общую информацию о свойствах макромолекул дает изучение процессов плавления...

КЛАРА: И вы занимались изучением биологических макромолекул как физик физическими методами?

С.Я: Да. В общем, я изучал связь общих физических свойств макромолекул, термодинамических, в частности, с механическими

МАЙЯ: И вы вели экспериментальную работу? Или занимались расчетами? В XXI веке, конечно, большой упор делается на использование возможностей компьютерной техники. Благодаря развитию динамического моделирования появилась возможность делать компьютерные анимации... По-моему, этим очень опасно увлекаться, потому что можно выплеснуть настоящие природные свойства.

С.Я: Компьютерная модель дает то, что в нее заложено... что заложишь, то и получишь...

КЛАРА: А кто заложил природные свойства в биологическую молекулу?

С.Я: Спросите что-нибудь полегче... Насколько я знаю, уже научились предсказывать трехмерную структуру глобулы белка, закладывая в компьютер только аминокислотную последовательность... Общий принцип таков, что гидрофильные остатки смотрят в воду, а гидрофобные только взаимодействуют друг с другом и они в основном внутри... Процент совпадения с точными рентгеноструктурными данными таких предсказаний довольно высок ... Но, конечно, не сто процентов ... Так вот... Это показывает, что общие физические законы, такие как энергия взаимодействия гидрофильных и гидрофобных остатков с водой, - они, если их просто применить, помогают получить предсказание объемных структур... Так что довольно-таки много существует

методов, которые дают информацию о макромолекуле как целом, о взаимодействиях с растворителем, то есть с водой.

КЛАРА: Я так понимаю, что здесь по-прежнему - неиссякаемое поле деятельности для детей, которых интересуют занятия наукой: вполне найдут, чем там заняться!

С.Я: У меня был очень интересный объект связывания молекулы с водой: кальций связывающий белок парвальбумин. ... Я просто титровал парвальбумин в отсутствие кальция и наблюдал катастрофические изменения трехмерной структуры. Получалось, что в отсутствие кальция (или я отнимал кальций специальным хелатором) трехмерная структура парвальбумина разворачивалась полностью, а в присутствии кальция она собиралась в глобулу... Это очень важно для функционирования таких белков.

МАЙЯ: Сейчас появилось много новых возможностей наблюдать за поведением каких-то крупных молекул прямо в живой клетке. Например, с помощью разнообразных флуоресцентных меток...

С.Я: Да, но метки дают информацию о ближайшем окружении атома метки, молекулы метки, а я говорю как раз об общих термодинамических свойствах... Ну ладно...

КЛАРА: Да, в таком кратком изложении это все равно не очень понятно...

С.Я: Я науку оставил в 1987 г., чтобы работать в театре Табакова: заведующим музыкальной частью...

МАЙЯ: Сергей Яковлевич! Наш сборник называется «Семинар нерешенных проблем» ... Но ведь с нерешенными проблемами сталкиваются не только ученые? Мы все представители одного вида – Homo сапиенс ... Как только человек осознал, что у него есть разум, с помощью которого он может представлять мир, он стал пытаться его использовать для решения самых разных проблем... С какими проблемами вы сейчас сталкиваетесь и как вам помогает то, что вы занимались наукой? Как вы относитесь к тем, кто продолжает сейчас заниматься наукой?

С.Я: С большим уважением и восхищением. Наверное, никогда не переведутся люди, молодые люди, которых интересует просто, как устроен этот мир? что такое бесконечность? как возникла жизнь на земле?... как вообще возникла вселенная? Ведь до сих пор однозначного ответа на эти вопросы нет.

МАЙЯ: Да, эти вопросы волнуют многих. Но ведь ученые ищут решения - разумом... Я знаю, что вы сейчас работаете над спектаклем «Русское горе» - новой постановкой «Горя от ума»... Не может ли быть в какой-то мере занятие наукой тоже горем от ума? Потому что наука – это есть способ познания действительности с помощью разума... Ученые представляют действительность в виде какие-то формул, уравнений, слов... Благодаря этому есть преемственность, культурная между нами и древними греками, или теми, кто жил в средние века... Но эти представления формализованы и оторваны от живых людей... А живым людям насколько нужны такие представления разума об окружающем мире?....

С.Я: Это такие философские вопросы ... Кроме биологических макромолекул меня всегда интересовало устройство и происхождение Вселенной...Есть такой замечательный ученый – Стивен Хокинг ... Когда мне в руки попала – на английском языке вообще, - его книга, я просто по уши туда провалился....

КЛАРА: А у меня есть к вам еще два философских вопроса... Как человеку, который много лет занимался наукой, как вам кажется: на формирование вашей личности это как-то повлияло? Например, как вы сейчас определяете ваше отношение к природе? Имеет ли в вашей нынешней жизни значение то, что вы когда-то изучали законы природы?

С.Я: Я думаю, что все случилось, как случилось.. И все было не зря... И я ни о чем не жалею. Я думаю, что если бы я сразу пошел по музыкальной линии: музыкальная школа, училище, консерватория, - я был бы совершенно другим человеком...

Гораздо беднее, чем получилось в результате... Я не жалею, что я пошел на физфак МГУ, что я занимался биофизикой, с молекулярными биологами общался, с генетиками... Сама эта среда: научная, мировоззренческая и просто человеческая, - мне дала чуть ли не все как музыканту и автору музыки... Это всегда были и слушатели и критики... Второе для меня – даже более важно. Эти люди нас с Татьяной представляли некими своими выдвиженцами. Они переживали за нас. Если что-то было не так, то эти люди все нам напрямую говорили, как это полагается, особенно в естественных науках... Мне очень нравилось, что на семинарах по физике студент или аспирант может запросто возражать академику... Если у него есть аргументы...

МАЙЯ: Да, занятие естественными науками, конечно, прививает человеку некоторое смирение. Оно воспитывает уважение к тому, что есть законы природы, которые достаточно могущественны и мы им должны подчиняться...

С.Я: Насчет смирения – не знаю... В поисках истины все равны, - вот!... Я говорю о взаимоотношениях между людьми в науке. В естественных науках – царит свобода и демократия, потому что во главе угла – научная истина... А если вы возьмете историю, философию... Особенно все, что связано с идеологией, как это было – там просто ложь главенствует ... Там, по определению, надо врать... Может быть именно поэтому в наше время, в годы оттепели, именно на естественнонаучных факультетах концентрировалась талантливая молодежь... А там, филфак, истфак, философский факультет – для нас это вообще был отстой, потому что, в силу того, о чем я только что говорил, там и творческой жизни никакой не было. Все поэты были на биофаке, на физфаке, на мехмате... И музыканты и так далее...

КЛАРА: Были еще и среди геологов тоже...

С.Я: Геологи тоже – естественники ... Самое главное, что вот уже почти ... больше 22 лет, как я оставил занятия наукой, - но мы не

прерываем связь с научной средой... Потому что мы часть этой среды...

КЛАРА: Да, но вам легче, потому что вы говорите с этой средой на одном языке... А как быть современной молодежи? Современная наука полна столь сложных знаний, которые излагают столь сложным языком, что даже ученые в близких областях не понимают друг друга...

С.Я: Это вопрос терминологии: наука не стала сложнее, чем она была там... тысячу лет назад...

КЛАРА: Но даже при советской власти достаточно много было просветительской работы. Было общество «Знание», были какие-то научно-популярные журналы... Мне кажется, что нынешняя молодежь, - мало соприкасается с наукой, с людьми, которые делают науку...

С.Я: По-моему, это стариковский разговор... У моего шефа – две дочки. Когда они были в тинейджерском возрасте... их спальня была увешана высказываниями... там висело на стене высказывание ... За точность не ручаюсь: «Посмотрите на нынешнюю молодежь: учиться не хотят, старших не уважают и так далее...»

МАЙЯ: Тысяча лет до нашей эры?

С.Я: Сократ ... Так что: все повторяется. Жизнь меняется мало: только бытовой технический фон... Вот компьютеры появились... Надо к ним относиться спокойно... Это только еще один инструмент и не более того...

МАЙЯ: А все-таки, как вам кажется, немного отстранившись... Человек занимается наукой для себя или для других? В прошлом веке среди ученых бытовала такая метафора: «Наука есть удовлетворение своей любознательности за счет государства». В то же время очень часто ученые сетуют: « Вот, мы это делаем для людей, а они не понимают и не хотят...»...

С.Я: И то и другое... Но мне кажется, что все-таки главный стимул – любознательность... Человеку хочется узнать, как все устроено. Это у ребенка начинается, когда он разбирает на части автомобиль, какую-нибудь игрушку... Хочется все пощупать, понюхать... А потом уже, когда достигают каких-то успехов, уже можно задним числом наложить идеологию.

МАЙЯ: На самом деле, наука – удивительное занятие, интересное тем, что для нас родные - ученые, которые этим занимались тысячи лет назад... Люди мало изменились... Изменяются только технические средства, с помощью которых получают новые знания.

С.Я: Да, поэтому ученые разных стран так просто и быстро находят общий язык: потому что их главный движитель объединяет – любознательность, любопытство, стремление все понять, докопаться...

КЛАРА: Мы встретились с вами недавно в гостях у бывшего физика, Сапара Кульянова, который тоже оставил занятия наукой и занимается теперь помощью обездоленным людям....Причем делает это очень серьезно...

С.Я: Так, и что?

КЛАРА: Скажите что-то о вашем отношении к этому делу!

С.Я: Ну, говорят, что человек должен посадить дерево, построить дом, родить детей... Мне кажется, что мы живем в такое время непростое ... а любое время непростое, - что надо оказывать сопротивление силам зла, коммерциализации нашей жизни ... Просто какими –то действиями, которые должны быть продолжением мировоззрения... Если вот так сидеть и рассуждать – это одно, а если эти мысли воплощать хоть в какие-то маленькие дела – это другое. ... Тот, кто эти дела совершает, - он прежде всего сам получает какое-то удовлетворение... Сапара это ударило так, что он просто все бросил и занялся помощью детям... Мы с Татьяной тоже уже лет двадцать занимаемся благотворительной

деятельностью... Мы считаем, что здесь надо все делать очень точно и конкретно...

КЛАРА: Расскажите, пожалуйста, немного о характере этой деятельности.

С.Я: Так получилось... Это долго рассказывать, как получилось, что мы просто сердцем прикипели к Смоленской областной школе-интернату для слепых и слабо видящих детей... Там просто наш друг работал учителем истории... Незрячий. Такой - Николай Соловьев ... Он в 49 лет скончался... Мы стали помогать им. Там просто была катастрофа, как во многих таких учреждениях России, когда государство должно обеспечивать... но не обеспечивает.... Дети там жили зимой при 12 градусах, потому что котельная не работала... И так далее – в полной нищете... Возникла некая... ЭНЕРГИЯ СОВЕСТИ что ли... и мы стали помогать. Мы собственно организовали фонд, чтобы помогать этому дому... Прошло 8 лет... Теперь на это любо-дорого посмотреть: все отремонтировано, сделана котельная, медицинский блок. Сейчас у них офтальмологический кабинет – лучший в области, а может быть и на несколько областей – единственный такой!... Потому что мы достали американские фонды: на их деньги куплены медицинское оборудование, предметы культуры... Одного нашего предпринимателя туда привели и он теперь им все время помогает: все эти стройки сделал, детей каждое лето вывозят в Евпаторию и в другие места... При этом мы как бы обеспечиваем просто своей репутацией то, что ни одна копейка не уйдет налево... И это сработало. А теперь вот наша вторая задача – это покрупнее – помочь «Незнайке», фонду Сапара Кульянова. Там, под Смоленском, можно было все постепенно делать: котельную пустить, оборудование приобрести... А тут нужно сразу крупное вливание: нужно здание привести в порядок и сдать комиссии как детское учреждение... То, что сейчас происходит – это просто такая самодеятельность, ну, просто деваться некуда: надо как-то

выживать... Мне бы хотелось через Интернет им помочь ... Для этого надо материал подготовить... Один из первых шагов – сейчас, 12 сентября, - будет субботник с порталом «Москва-ком». Через них и через наш сайт мы хотим просто обратиться к людям... Что из этого выйдет, не знаю.

Вопросительная песенка

Стихи В. Левина
Музыка С. Никитина

Вопросов много есть таких,
Что голова гудит от них
И очень трудно ищутся ответы.
Но есть работа потрудней,
Мы зададим вопрос о ней,
А вы соображайте, что же это?

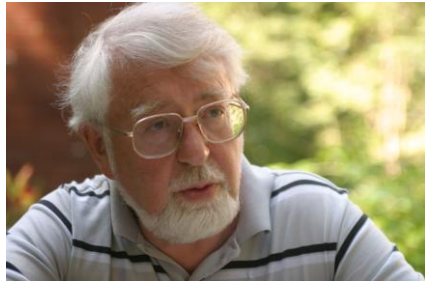
Что для всех всего труднее,
Если стать хотим умнее?
Что мы все должны уметь,
Чтоб умнеть, умнеть, умнеть?
Что у доктора наук
Получается не вдруг,
А ребенку иногда
Удается без труда?

Когда подумаешь всерьез,
Ответишь на любой вопрос.
А мы на свой вопрос ответим песней:
Всего труднее угадать,
Кому какой вопрос задать,
Чтоб получить ответ
Поинтересней!

Ясно, что всего труднее,
Если стать хотим умнее?
Что должны мы все уметь,
Чтоб умнеть, умнеть, умнеть?
Что у доктора наук
Получается не вдруг,
А ребенку иногда
Удается без труда?

Всего труднее - угадать,
Кому какой вопрос задать,
Чтоб получить ответ
Поинтересней!

1986 г.



Владимир Петрович
Скулачев



Юрий Александрович
Чизмадзе



Генрих Семенович
Штейнберг



Геннадий Борисович
Зданович



Лев Владимирович
Белусов



Борис Федорович
Ванюшин



Сергей Иванович
Блинников



Сергей Яковлевич
Никитин



Владимир Давыдович
Барон



Алексей Васильевич
Жигин

Татьяна Васильевна Потапова

Семинар
нерешенных проблем:
век XXI.



Оформление: Т.В. Потапова
Компьютерная верстка: А.Е.Горячева

Подписано в печать 17.09.2009 Формат 60x90/16
Бумага офсетная Печать офсетная
Усл. печ. л.21
Тираж 300 экз.

Издательско-полиграфическое объединение «У Никитских ворот»
121069, Москва, Большая Никитская, д.50/5 офис 24, тел.690-67-19
www.uniki.ru

Татьяна Васильевна Потапова - доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник НИИ ФХБ имени А.Н. Белозерского МГУ, член комиссии по биоэтике МГУ, член Центрального совета Всероссийского общества охраны природы. Автор 130 научных работ в области биофизики живых клеток и межклеточных взаимодействий. Автор радиопрограммы "В гостях у профессора Чука, или Семинар нерешенных проблем" (1975-86 г.г. Детская редакция Всесоюзного радио, 98 выпусков). С 1970 по 1990 г.г. сотрудничала как сценарист с ЦТ ("Очевидное – невероятное", "Живи, Земля!", "Экологический бумеранг"). Автор оригинальных эколого-образовательных программ: "Надежда" (обучение основам экологии, природопользования и правам человека детей до 10-12 лет) и "Мальши и няньки" (привлечение школьников к эколого- воспитательной работе с дошкольниками), концепции - "Детский сад - эталон экологической культуры". Автор книг «Беседы с дошкольниками о профессиях», «Секрет зеленого листа», «Зеленая лягушка на розовой кувшинке», соавтор книг «Экологическая азбука для детей и подростков», «Экологическая безопасность человека: учебный практикум». Автор сайта «Ученые-детям» [<http://kids.genebee.msu.ru>].