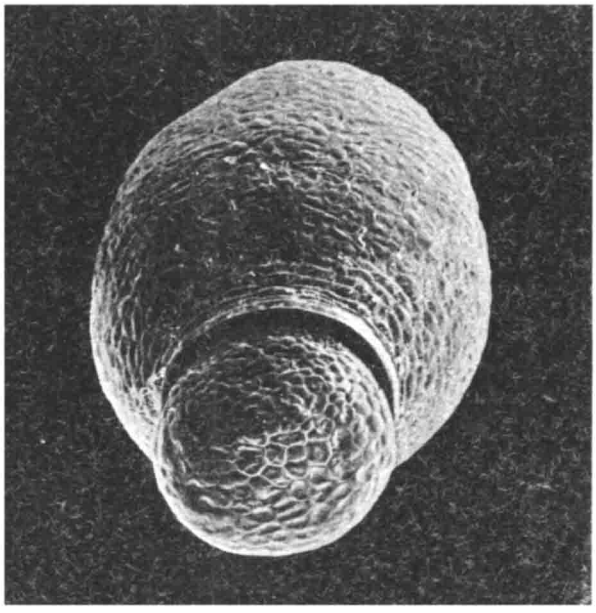
НАУКА И ЖИЗНЬ

ISSN 0028-1263

МОСКВА. ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРАВДА».

2
1988

● Три слагаемых определяют эффективность школьной реформы: творческие люди, современная концепция образования и финансово-правовой статус педагогической науки ● Новая отрасль медицинской науки — гигиена окружающей среды. Она возникла в последнее десятилетие в связи с обострением экологической ситуации ● Археологи свидетельствуют: культура народов Средней Азии древнее, богаче и разнообразнее, чем представлялось ранее ● Копеечный ремонт сантехники может избавить нас от миллиардных потерь.



НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ ЗУБРА

В прошлом году в двух номерах (январь, февраль) журнала «Новый мир» была опубликована повесть Д. Гранина «Зубр», рассказавшая о судьбе Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского (1900—1981). Перед нами предстала яркая и сложная личность ученого, его непростые взаимодействия с внешним миром, но писатель по вполне объяснимым причинам мало рассказал о самих научных исследованиях «Зубра», его конкретном вкладе в науку. Читатели нашего журнала в своих письмах в редакцию просят рассказать об этом, и их просьбу мы адресовали людям, хорошо знавшим Н. В. Тимофеева-Ресовского по совместной работе. В беседе за «круглым столом» приняли участие биофизик, доктор химических наук Лев Александрович БЛЮМЕНФЕЛЬД, биолог-эволюционист, член-корреспондент АН СССР Алексей Владимирович ЯБЛОКОВ, математик, доктор физико-математических наук Юрий Михайлович СВИРЕЖЕВ и физиолог, академик Олег Георгиевич ГАЗЕНКО.

Л. А. БЛЮМЕНФЕЛЬД: Я думаю, что все научные труды Николая Владимировича можно разбить грубо на четыре области, в которых он сделал фундаментальные вещи. Пожалуй, первая область (не хронологически первая, а, с моей точки зрения, главная) — **молекулярная генетика**. Сейчас начало молекулярной генетики часто связывают с работой Уотсона и Крика, открывших двойную спираль ДНК и сформулировавших ее роль в хранении и передаче наследственной информации. На самом деле молекулярная генетика началась с Н. К. Кольцова, с его доклада на III Всесоюзном съезде зоологов, анатомов и гистологов в конце 1927 года в Ленинграде. В этом докладе впервые прозвучали слова о наследственных молекулах, о воспроизведении молекул. Тогда не очень понимали, что это за молекулы; сам Кольцов говорил о белках, о воспроизведении молекул белков по принципу кристаллизации. В работах Николая Владимировича, ученика Кольцова, выполненных в 1935—1936 годах вместе с физиками Карлом Гюнтером Циммером, его сотрудником и другом, и с его учеником Максом Дельбрюком, было фактически сделано для биологии то, что когда-то Э. Резерфорд сделал для физики.

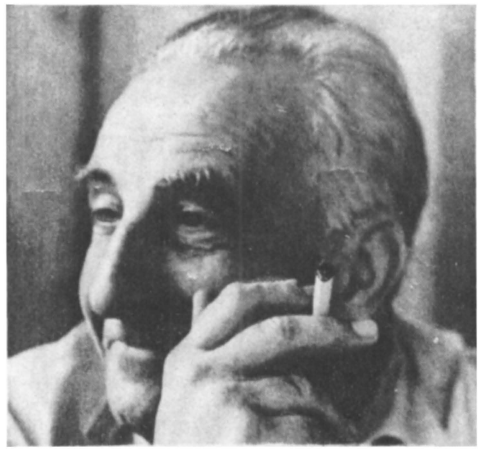
Несколько слов о знаменитых экспериментах молодого аспиранта Резерфорда Э. Марсдена, выполненных им совместно с Г. Гейгером в 1909—1910 годах. Они исследовали рассеяние альфа-частиц (ядер гелия), проходящих через тонкую пленку металла, и обнаружили, что лишь небольшая доля частиц (примерно одна из 8000) отклонялась на значительные углы (более 90°). Остальные частицы почти не отклонялись, а проходили насквозь, как через пустоту. Любой ученый меньшего масштаба, чем Резерфорд, поступил бы очень просто: он бы подверг эти данные математической обработке, например, методом наименьших квадратов, в результате чего эти сильно отклоняющиеся частицы практически не изменили бы общую картину рассеяния частиц. Резерфорд понял, что эффект заключается именно в том, что в среднем одна частица из восьми тысяч отклоняется существенно. В итоге была создана планетарная модель атома, в которой практически вся масса атома сосредоточена в ничтожном по относительным размерам ядре.

В работах Тимофеева-Ресовского, Циммера и Дельбрюка плодовых мушек — дрозофил подвергали действию строго определенных доз ионизирующего излучения и регистрировали выход мутаций, то есть наследуемых изменений. Они обнаружили, что большая часть квантов ионизирующего излучения, попадающих в клетки, не дает никаких наследуемых изменений. И лишь небольшая часть вызывает наследуемые изменения, мутации.

А. В. ЯБЛОКОВ: Для того чтобы «выловить» эту часть, нужно было обладать совершеннейшим умением обнаруживать новые мутации. Эту технику, это умение ему дала кольцовская школа, а точнее, четвериковское обучение: все из этой школы вышедшие могли надежно и быстро выяснять спектр мутаций, появляющийся в экспериментальных линиях дрозофил. Это и сейчас-то не все умеют делать.

Л. Б. Фактически в результате этих работ выяснилось, что ген, участок ДНК, поражение которого вызывает наследуемые изменения, занимает ничтожную часть клетки. Был оценен объем этого участка (примерно 3000 атомов, на самом деле больше), определены его линейные размеры. С этой работы фактически началась современная молекулярная генетика. Николай Владимирович вычислил ген так же, как Резерфорд — атомное ядро. Следует сказать, что в этой работе с Циммером и Дельбрюком был впервые сформулирован

Н. В. Тимофеев-Ресовский в годы работы на Урале.



знаменитый принцип конвариантной редупликации, то есть такого деления молекул ДНК, при котором сохраняются изменения (варианты), произошедшие между отдельными его актами.

А. Я.: Причем это не только наше мнение, не только мнение профессора Блюменфельда, но об этом много раз говорил и Дельбрюк, получивший впоследствии Нобелевскую премию за обоснование молекулярной биологии. Это — общепринятое мнение среди специалистов.

Ю. М. СВИРЕЖЕВ: Еще кто-то из «древнеримских греков» говорил, что «наука есть метод». Так вот, Николай Владимирович создал в генетике, популяционной биологии и экологии экспериментальный метод, четкий, чистый и надежный, как в физике. Раньше классические биологи больше наблюдали, чем экспериментировали. Наблюдение — это, конечно, хорошо, но это все же пассивный метод познания, а эксперимент — активное вмешательство. Причем эксперимент направленный, проверяющий модель. Я вспоминаю, как Николай Владимирович часто говорил, что если бы Мендель не знал своих законов заранее (то есть не имел бы их модели), то никакие наблюдения, никакая их статистическая обработка не помогли бы ему эти законы открыть.

Нас всегда поражало удивительное умение Николая Владимировича выделить в любом сложном явлении его существенные черты, упростить ситуацию, не выплеснув с водой и ребенка. Помню, он всегда говорил нам: «Нам деньги платят не за то, чтобы усложнять, а чтобы упрощать». Сейчас этот подход назвали бы системным, хотя Тимофеев-Ресовский, когда слышал, как кто-нибудь рассуждал о системном подходе, обычно замечал: «Системный подход — это значит: сначала подумай, а потом делай».

Как и Резерфорд в физике, Николай Владимирович обладал удивительным умением использовать все вокруг для эксперимента. Я вспоминаю лето 1965 года, когда мы хотели экспериментально проверить распространение генных волн в популяциях (то есть новых признаков, возникших у особей этой популяции). Была теория, сделанная (как это всегда бывает в теории) для идеализированного линейного ареала, то есть ареала, длина которого намного больше его ширины. Ясно было, что объектом должна быть дрозофила. Дело оставалось за малым: где найти ареал длиной в десятки метров, а шириной в метр, на котором был бы еще и корм для дрозофилы. В лаборатории такой не создашь. И вот однажды, выйдя из столовой, Николай Владимирович свернул не к лабораторному корпусу, а к забору, около которого «ферментировала» местная помойка. Дело было летом, и вдоль забора тянулась узкая полоса остатков салатов, винегретов и т. п. Дальнейшее было делом техники. Это было первое экспериментальное подтверждение реальности генных волн.

Л. Б.: В 1934 году Николай Владимирович впервые высказал идею, что ионизирующее излучение опасно не только потому, что оно вызывает лучевую болезнь, но и потому, что оно вызывает невидимые изменения наследственного аппарата, которые могут проявиться в отдаленном потомстве. Могут быть наследуемые изменения генотипа, которые проявляются не в ближайших поколениях, а в отдаленных потомках. Для того, чтобы все это понять и сформулировать, нужно было быть профессиональным генетиком и одновременно биофизиком. Так родилась **радиационная генетика**.

Для того чтобы оценивать биологические действия ионизирующего излучения, нужно научиться измерять излучение и производимый им биологический эффект. Надо знать, какая доза поглощена, какая доза прошла насквозь. Фактически всю дозиметрию как науку для радиобиологии сделал Николай Владимирович вместе с Циммером, или, вернее, Циммер вместе с Николаем Владимировичем. Заслуга Николая Владимировича заключалась в том, что он понимал, что биологии нужен количественный, то есть математический, подход. И требовал постановки соответствующих биологических экспериментов.

А. Я.: Николай Владимирович оказался не только основателем радиационной генетики. Он уже тогда понял значение и перспективы исследования радиации для познания биологических закономерностей. В конце 30-х годов он формулирует теорию мишени и принцип попадания. (Кратко суть этой теории состоит в том, что в клетках есть «мишени» — особо чувствительные места, попадание в которые частиц излучения приводит к мутациям. Площадь «мишеней» невелика, и частицы поэтому попадают в них редко, поэтому и мутации возникают не часто.) Тогда эти концепции имели колоссальное значение для развития **радиобиологии**. Этим не просто были сформулированы основы радиобиологии как науки, но и показаны пути, по которым ее на-

до развивать. Сейчас говорят, что ряд положений этих концепций устарел, развит, изменен, но целых 30 лет, с 30-х по 60-е годы, это работало и стимулировало развитие современной радиобиологии.

Л. Б.: Следует сказать, что работы с Циммером и Дельбрюком были поставлены именно потому, что они понимали, что должна быть мишень. Они измеряли размеры этой мишени.

А. Я.: И обязательно нужно сказать, что его интерес к изучению действия радиации как инструмента исследования в биологии не угас, а в 50-е годы привел к созданию **радиационной биогеоценологии.**

Л. Б.: Вместе с женой Еленой Александровной они сделали поразительные экспериментальные работы по накоплению радиоактивных изотопов в биосистемах. Они фактически сформулировали основу биологической защиты от радиоактивных загрязнений. Они показали, что некоторые микроорганизмы обладают способностью захватывать с колоссальной избирательностью радиоактивные изотопы. Были определены коэффициенты распределения изотопов между биологическими объектами и окружающей средой. Это и сейчас широко используется практически. Эти работы начались на Урале сразу после войны.

А. Я.: Тимофеев-Ресовский был не просто биологом, он был естествоиспытателем. Вот мы говорим: Вернадский — великий естественник, великий естествоиспытатель. Вот так и Тимофеев-Ресовский. Если сравнивать, то Вернадский охватывал более крупные проблемы, но все-таки эти фигуры сравнимы. Между Тимофеевым-Ресовским и Вернадским я провожу параллель. Вернадский смотрел на ту же природу, на которую смотрели геологи, климатологи. И он знал все то, что знали специалисты разных областей. Но взять, посчитать, сложить все вместе и увидеть внутренние связи и единство всей биосферы, создать учение о биосфере — для этого надо было быть гениальным ученым. И Николай Владимирович был ученым того же плана. Он к радиации относился как к **инструменту,** которым можно изучать окружающий нас мир, начиная от гена и кончая биогеоценозами. Это не было озарением, это методология. Это было особое научное мышление. С помощью необычных средств изучать обычные вещи, проникать в глубину явления, в которую до него никто не проникал.

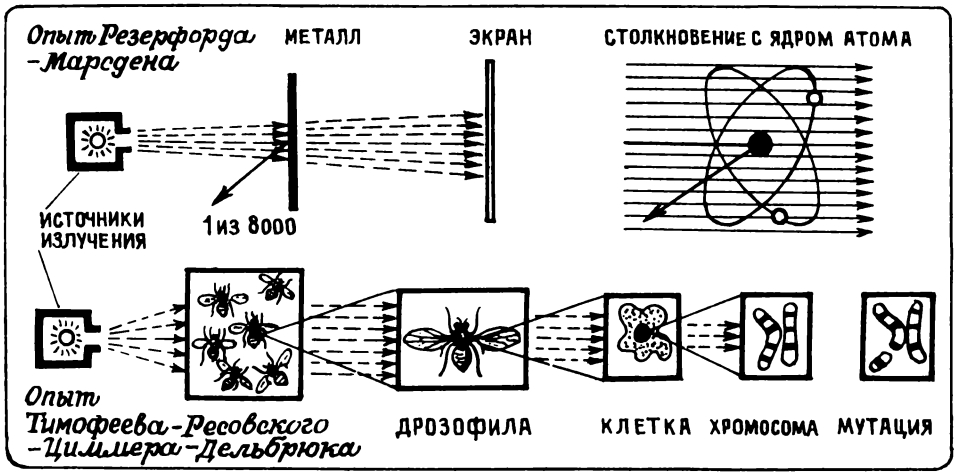
Л. Б.: А когда он вернулся к этому уже после войны, то у него изменилось видение природы — углубилось и расширилось, стало пророческим и крайне важным для практики. В основе сегодняшних радиобиологических работ по Чернобылю — труды Николая Владимировича.

А. Я.: Это была методология Вернадского, гениальная по сути. Сложить вместе, сопоставить самые очевидные вещи. То, что живые организмы накапливают радиацию, было известно. Тимофеев-Ресовский к тому времени был очень хорошо знаком с работами Вернадского. Известны ему были и работы академика В. Н. Сукачева, который показал, что окружающая среда не однородная, а всегда разделена на биогеоценозы — определенные участки земной поверхности со своим населением и особенностями. И вот сукачевская идея о «кирпичиках биосферы» — биогеоценозах, объединенная с учением Вернадского о биосфере и с радиационной биологией, привела Тимофеева-Ресовского к формулировке радиационной биогеоценологии. Он фактически создал новую науку.

Л. Б.: И на основе этого возникла биологическая защита. Вы разводите бактерии, вы разводите микроорганизмы, вы разводите всякую живность в водоемах, и оказывается, что вода очищается. Вот это биологическая защита, которую сейчас используют для очистки озер, водоемов в промышленных масштабах. А микроорганизмы при необходимости можно легко от воды отделять, отлавливать.

Ю. С.: Я бы не стал сравнивать Вернадского и Тимофеева-Ресовского — настолько они разные. Каждый велик по-своему. Каждый создал свою концепцию, свою модель биосферы, эти модели дополняют друг друга, но они лежат в разных плоскостях. Да простят мне биологи, но Николай Владимирович и в своих биосферных исследованиях оставался скорее физиком, математиком, системщиком... Для модели Вернадского характерна максимальная агрегированность и глобальность описания, его «космичность». А Тимофеев-Ресовский и здесь остается верным своему подходу — он начинает с выделения элементарной единицы биосферы. Он показывает, что такой единицей является биогеоценоз. Биогеоценоз же является и элементарной биохорологической (пространственной) единицей. Конечно, концепция биогеоценоза — это детище В. Н. Сукачева, но Николай Владимирович впервые дает ему четкое операционное, рабочее определение. С этим определением можно работать, с его помощью можно действительно представить всю поверхность Земли как мозаику этих элементарных единиц, а всю биосферу разбить на подсистемы, естественным образом отделяемые друг от друга: ведь принципы их выделения определяются природными границами, реально существующими. Именно реальность этих границ позволяет надеяться, что подсистемы выделены удачно. По-видимому, Тимофеев-Ресовский первым обратил внимание, как удивительно похоже устроены все биогеоценозы, одинаков механизм их функционирования, несмотря на всю их внешнюю непохожесть. Отсюда уже недалеко было и до концепции биосферы как статистического ансамбля биогеоценозов. Замечу, что эта концепция лежит в основе современного глобального моделирования.

В начале 70-х годов было много шума вокруг работ Римского клуба по глобальному моделированию. Конечно, они сделали свое дело, привлекли интерес к глобальным проблемам. Но все они страдали одним недостатком: это были в основном экономические модели, собственно-то биосферы, эволюции человека и биосферы, что наибо-



В опытах Резерфорда — Марсдена (верхний рисунок) частицы излучения свободно проходили через металлическую пластинку, и лишь одна из примерно 8000 резко отклонялась в сторону. Резерфорд понял, что она сталкивается с большой массой — ядром атома. Это позволило вычислить массу ядра и построить модель атома. В опытах Тимофеева-Ресовского, выполненных вместе с К. Циммером и М. Дельбрюком, облучению подвергали плодовых мушек дрозофил, и у потомства некоторых из них обнаруживались наследственные изменения — мутации. Но такие случаи были очень редкими, и Тимофеев-Ресовский понял, что «мишень», поражение которой вызывает мутацию, очень мала. Это позволило вычислить объем и размеры гена.

лее важно, в них не было. Поэтому нами был сформулирован новый подход к глобальному моделированию биосферы, подход, основанный на концепциях русской классической школы, одним из ярчайших представителей которой был Николай Владимирович. Этот подход сейчас стал общепринятым.

Поэтому можно смело утверждать, что основоположником современной глобалистики был Тимофеев-Ресовский. Достаточно вспомнить его статью «Человек и биосфера», опубликованную в 1968 году (и перепечатанную в журнале «Химия и жизнь», № 7, 1987). Перечитываешь ее, и тебя не оставляет ощущение, что она написана только что. Это же готовая программа развития современной глобалистики, концептуальная модель биосферы. Практически все готово для математизации. Дальше, как говорится, дело техники.

А. Я.: Николай Владимирович обладал удивительным талантом давать названия явлениям, обозначать целые направления в науке одним или немногими словами. В начале своей научной жизни он сформулировал два принципа, ставших ныне неотъемлемой частью классической генетики, и дал им точные названия: пенетрантность и экспрессивность. В 1926—1927 годах в московской генетической школе С. С. Четверикова, из которой вышли такие выдающиеся исследователи, как Б. Л. Астауров, Н. П. Дубинин, Н. К. Беляев (погибший в годы репрессий), С. М. Гершензон и многие другие, широко проводились эксперименты не только в области популяционной генетики (где в те годы наша наука прочно занимала ведущее положение в мире), но и в области, как мы теперь скажем, генетики развития. Изучая проявление хорошо изученных мутаций под влиянием разных внешних и внутренних факторов, пытались понять, как же идет развитие от гена до фена, от генотипа до фенотипа. (Проблема оказалась исключительно сложной, она до сих пор не решена окончательно, несмотря на успехи современной молекулярной генетики.)

В работе, опубликованной в 1927 году, Тимофеев-Ресовский выдвинул два фундаментальных принципа. Первый — пенетрантность, или частота проявления какого-либо признака в фенотипе, то есть как часто встречается какой-то наследственно определенный признак (например, разрез глаз) в фенотипе изучаемых особей. Второй принцип — экспрессивность, или степень проявления признака, то есть как сильно он выражен в фенотипе данной особи. Этими двумя понятиями он описал огромный круг явлений, которые и до него наблюдались. Он не открыл эти явления, он их понял. Он понял, что это явления разные и что для анализа развития нужно эти два явления обязательно разделить, потому что признак может быть в скрытом состоянии, может проявиться не у всех особей, а если проявится, то по-разному. До сих пор не создана теория индивидуального развития, но нет сомнения, что в этой будущей теории явления пенетрантности и экспрессивности должны занять очень важное место.

С определения понятий экспрессивности и пенетрантности Тимофеев-Ресовский начался как выдающийся исследователь. Уже в 1927 году и Четверикову, и Кольцову стало ясно, что их ученику предстоит большое научное будущее (недаром Н. К. Кольцов в ответ на просьбу наркома Н. А. Семашко послать кого-то из советских генетиков для

организации генетических работ в Германии назвал именно Николая Владимировича). В наше время, общаясь с Николаем Владимировичем, я порой слышал от него оценку того или иного ученого: «Этот звездного неба не портит» (то есть звезд с неба не хватает). А сам он был из всегда немногочисленного разряда ученых, которые как раз «портят звездное небо».

Л. Б.: В дотимофеевской генетике было просто: мутация означала всегда резкое изменение признака. Оказалось, что это не так. Оказалось, что одна мутация в конечном счете соответствует изменению одного синтезируемого белка, и тогда возникла проблема: как происходит переход от белка к признаку? Для того чтобы появился признак, нужно последовательное включение многих наследуемых изменений. Нужна определенная последовательность, а давление отбора начнет действовать лишь через какое-то время, когда вызванные мутацией изменения проявятся в фенотипе. Понять, каким образом происходит это в нужное время и в нужной последовательности, и есть, с моей точки зрения, главная задача современной биологии.

А. Я.: Я думаю, что Николай Владимирович «приложил руку» и к этой проблеме. Очень важно подчеркнуть, что с самого начала его научной деятельности он заявил о себе как исследователь экстракласса. А у крупных исследователей всегда бывает так, что какие-то их специальные работы рано или поздно начинают приобретать мировоззренческое и общефилософское значение. Так было и с творчеством Николая Владимировича.

В 1935 году он с физиком Ромпе опубликовал маленькую статью «Принцип усилителя в биологии». В чем этот принцип усилителя состоит? Какое-то единичное явление с очень низкой энергией, ничтожное само по себе, микроскопическое, приводит в действие силы, которые на много порядков больше исходных сил.

Л. Б.: Это сейчас получило название — синергетика. То есть когда речь идет о существенно неравновесных структурах.

А. Я.: Так вот, Тимофеев-Ресовский рассматривал мутацию как физическое явление. С этой точки зрения мутация — что-то ничтожнейшее, биохимически или энергетически едва уловимое. А в результате получается измененный организм. Если сравнить мутацию и ее результат, то она выступает как триггерный механизм — спусковой крючок, освобождающий силы на много порядков большие. Случайное изменение генетических программ при становлении генотипа многократно усиливается.

Современная синергетика объясняет это с позиций взаимодействия неравновесных систем: когда нет равновесия, то немножко подтолкни, и даже большой предмет упадет. На мой взгляд, это лишь одна из сторон действия принципа усилителя, который как общенаучный принцип применим, как мне кажется, не только к неравновесным системам.

Надо сказать, что тогда, в 1935 году, на статью Ромпе и Тимофеева-Ресовского не обратили особого внимания, и до 70-х годов она оставалась известной лишь узкому кругу специалистов. В том, что эта работа привлекла внимание, «виноват», пожалуй, доктор биологических наук Б. М. Медников. Когда Борис Михайлович попытался аксиоматизировать современную биологию, то пришел к выводу, что есть всего пять аксиом (см. «Наука и жизнь», №№ 2—7, 1980 и № 10, 1982). И их достаточно, чтобы теоретически можно было построить все здание биологии вообще. Одну из этих аксиом он так и назвал — аксиома Тимофеева-Ресовского. Среди других аксиом есть две аксиомы Дарвина, есть аксиома Моргана, есть аксиома Кольцова. Так что вот чем оказывается принцип усилителя, открытый Тимофеевым-Ресовским,— это один из пяти принципов, лежащих в основе всей биологии вообще. Больше того, смею утверждать, что этот принцип далеко выходит за рамки биологической формы движения материи и относится ко всему естествознанию вообще. Не могу не вспомнить тут одного разговора с Николаем Владимировичем, который состоялся за несколько месяцев до его смерти. Не помню уже, по какому поводу, но зашла речь о том, что он сделал в науке. И тогда — совершенно неожиданно для меня — он сказал: «Может, самое главное, что я сделал, так это принцип усилителя».

Л. Б.: Может быть, это так и окажется. Но, говоря о вкладе Николая Владимировича в науку, нельзя не сказать и о том перевороте в эволюционном учении, в осуществлении которого роль Тимофеева-Ресовского также оказалась ведущей.

А. Я.: Тимофеев-Ресовский был первым, кто (еще в 1938 году) сказал, что в потоке всего эволюционного движения нужно различать **микро-** и **макроэволюционный процессы.** Почему он выделял микроэволюционный процесс? Он говорил: микроэволюция — это тот уровень эволюции, который мы можем точно измерить, можем экспериментально проверять. Стало быть, на этом уровне эволюционное учение превращается в точную науку.

И здесь сказался характер научного мышления, свойственный Тимофееву-Ресовскому. Формулируя концепцию микроэволюции, он обосновал ее возможностью выделения во всем процессе эволюции элементарных событий и явлений. Именно элементарных, то есть далее неразложимых без потери качества. Он выдвигает представление о популяции как элементарной эволюционной единице, о четырех элементарных эволюционных факторах (естественном отборе, изоляции, мутационном процессе и волнах жизни), об элементарном эволюционном материале (наследственных изменениях) и элементарном эволюционном явлении — изменении генотипического состава популяции. Эта методологическая — именно методологическая! — стройность, прозрачность концепции микроэволюции просто поражает.

Конечно, представления о каждом из

выделенных явлений углубляются со временем. Сейчас мы знаем о новых формах мутационного процесса, много больше знаем о действии изоляции, волн жизни. Но ни одного нового элементарного эволюционного фактора сверх тех четырех, которые выделил Тимофеев-Ресовский в 1938 году, до сих пор выделить не удалось! Сейчас мы много больше знаем о популяции, даже возник новый фронт биологических исследований — популяционная биология (см., например, А. В. Яблоков. «Популяционная биология», М., «Высшая школа», 1987.— **Прим. ред.**), и тем не менее тимофеевское определение популяции как элементарной эволюционной единицы вот уже почти полстолетия остается краеугольным в микроэволюции.

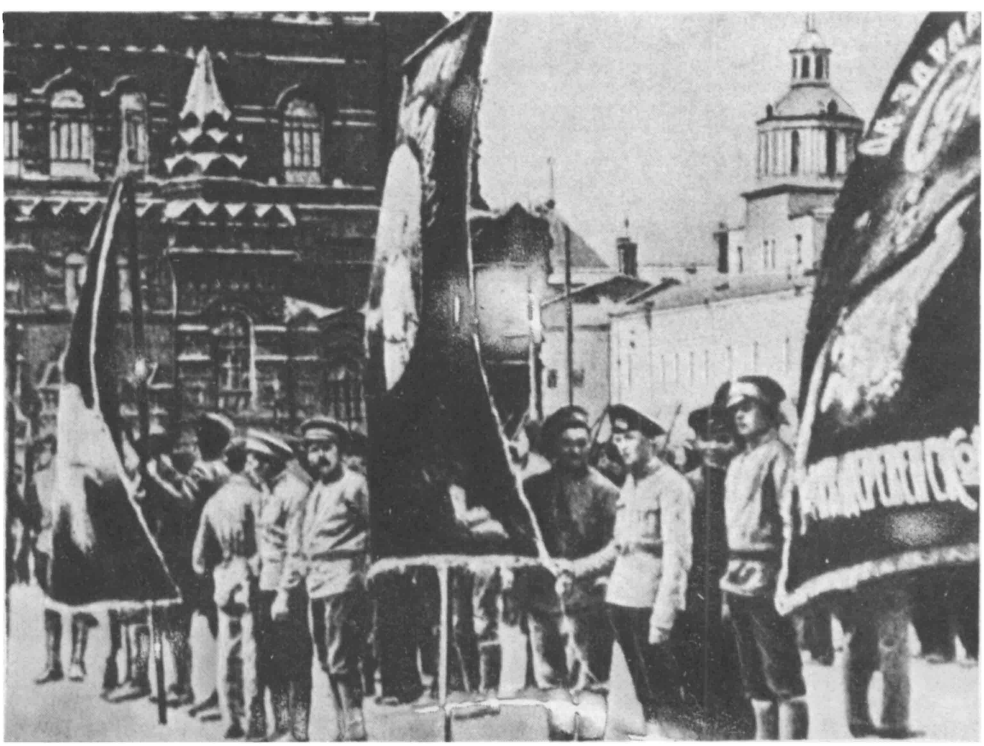
Он умел «разложить по полочкам» (а по существу, выявить соподчинение и сделать тем самым понятным взаимодействие действующих сил), и для этого вовсе не надо было открывать какие-то новые, неведомые прежде силы. Но такое «раскладывание по полочкам» и означает всегда скачок в наших знаниях на основе «выделения существенного от несущественного» (это тоже одно из любимых выражений Николая Владимировича).

Ю. С.: Ранее я уже говорил об исключительной математичности мышления Николая Владимировича. Его работы всегда уже содержат готовые концептуальные модели, которые естественно переводятся на язык математики. Та же самая микроэволюционная теория — это же типичная математическая теория. Поэтому очень естественно, что Н. В. в середине 60-х годов выдвинул большую программу математизации популяционной генетики и теории эволюции. Частично она осуществлена (см., например, Ю. М. Свирежев, В. П. Пасеков. Основы математической генетики. М., «Наука», 1982.— **Прим. ред.**), но еще больше предстоит сделать.

Часто говорят, что роль большого ученого заключается даже не в том, что он сделал, а в том, какие пути он указал в развитии будущей науки. Так вот, я считаю, что математическая биология, глобальное моделирование, вообще вся глобалистика — это все пути развития, указанные Н. В. Тимофеевым-Ресовским.

А. Я.: Николай Владимирович сделал еще одно огромной важности дело в биологии. Дело, которое также сопоставимо с научными подвигами Вернадского. Он выделил **уровни организации живой природы.** Может быть, кто-то до него что-то и начинал тут делать, но он все расставил по местам. Как это обычно и бывает у гениальных людей: все детали явлений вроде были известны до них, но не укладывались в целостную, непротиворечивую картину. Тимофеев увидел структуру живой природы в целом. Он показал, что есть только четыре главных уровня организации живой материи: молекулярно-генетический, онтогенетический (пока самый неясный), собственно эво-

25 мая 1918 года в Москве на Красной площади был проведен День всевобуча. Н. В. Тимофеев-Ресовский стоит в шеренге участников слева от среднего стяга вторым (в профиль).



люционный, или популяционно-видовой уровень, и биосферный. На каждом из этих уровней существуют свои элементарные события, несводимые к событиям на других уровнях, то есть качественно иные.

До сих пор говорят: а почему эти четыре уровня? Давайте выделим клеточный уровень, давайте выделим еще органный и какие-то другие уровни. В таких случаях Тимофеев-Ресовский говорил: определите, что является элементарными единицами и событиями на каждом из предлагаемых уровней, и посмотрите связи с другими уровнями. И действительно, если последовать этому совету, то сомнения отпадают, уровней организации живого оказывается не произвольное, а строго ограниченное число. Выделение уровней означало системный подход к анализу явлений жизни. Получается, что в развитие системного подхода в биологии, о котором сегодня много говорится, Тимофеев-Ресовский также внес крайне существенный вклад.

О. Г. ГАЗЕНКО: Примерно на рубеже 1965—1966 годов мне довелось познакомиться с Николаем Владимировичем, а с 1970 по 1981 год, то есть до конца жизни, сотрудничать с ним в Институте медико-биологических проблем. Знакомство наше пришлось как раз на то время, когда возникла и бурно стартовала новая область знаний — космическая биология. Создавались новые лаборатории, привлекались новые люди, возникали новые идеи — это была заря космической эры. И не возникало сомнений, что участие такого крупного биолога нашего времени, как Н. В. Тимофеев-Ресовский, будет в высшей степени ценным и полезным. Так оно и оказалось. Труды Николая Владимировича в космической биологии как бы сконденсировали весь его прежний опыт и знания, и вот я думаю, что есть три очень важных и крупных направления, которые он обогатил в этой области знаний.

Прежде всего это проблемы радиационной биологии, но теперь уже связанные с решением задач освоения космического пространства. Одной из важнейших задач была необходимость определить, в какой степени факторы космического полета могут изменить радиационное воздействие на живые системы. Будет ли повреждающее действие ионизирующего излучения таким же, как на Земле, или нужно внести соответствующие поправки? Чисто теоретически казалось, что такие поправки разумны и естественны, поскольку в космосе условия существования коренным образом меняются, возникает, в частности, состояние невесомости.

И трудно переоценить вклад Николая Владимировича в проектирование, организацию и проведение, по существу, первого в мире прямого радиобиологического опыта в условиях космического полета на биоспутнике «Космос-690» (1974 год). На спутнике был установлен источник ионизирующего излучения, с помощью которого строго дозированно были облучены лабораторные крысы на фоне действия всех остальных факторов космического полета. Это был тот основополагающий опыт, который позволил определить, что ионизирующее излучение в условиях космического полета действует на организм примерно в 1,2 раза сильнее, чем на Земле. Словом, получены были фундаментальные данные, которые в совокупности с рядом других позволили разработать основы радиационной безопасности космических полетов человека.

Быстрое, успешное развитие космонавтики порой вызывало настроение эйфории, и когда Николай Владимирович это замечал, то следовало отрезвляющее: «...так Вы космонавтику в косметику превратите — дело это серьезное и требует очень серьезного отношения».

Рассматривая проблемы радиационной безопасности космических полетов, он настойчиво обращал внимание своих молодых коллег В. В. Антипова, Ю. Г. Григорьева и Е. Е. Ковалева на необходимость учитывать специфические черты ионизирующего излучения в космосе, в частности галактического. К сожалению, и поныне эта область разработана еще слабо, хотя и предпринимается немало усилий для оценки особенностей биологического действия ядер тяжелых элементов.

Всевозрастающая продолжительность полетов в космосе, так же как и перспектива полетов человека к Луне и Марсу, делают эту проблему, столь интересовавшую Николая Владимировича, ныне особенно актуальной.

Вторая область, к которой Николай Владимирович всегда проявлял особенно большое внимание,— это проблемы биосферы. Известны его работы по радиационным загрязнениям, и я тоже думаю, что многое из того, что он в свое время сделал в Миассове, на Урале, сейчас послужило полезным и важным материалом для оценки чернобыльских событий.

Постоянный, я бы даже сказал, непрерывно возрастающий интерес Николая Владимировича к глобальным проблемам биосферы связывался в его представлениях с новыми возможностями, которые открывала космонавтика.

Во-первых, это начало развития техники дистанционного зондирования Земли из космоса, в чем он видел новый мощный инструмент для изучения глобальных экологических процессов в биосфере. Во-вторых, это новая биолого-техническая задача, связанная с проектированием и созданием экспериментальных систем жизнеобеспечения, основанных на биологических звеньях.

Сама по себе идея обеспечения жизни человека вне биосферы Земли с помощью искусственных экологических систем на борту космических аппаратов принадлежит К. Э. Циолковскому, однако до последнего времени рассматривалась лишь как теоретическая возможность. Первые попытки реализации подобных систем, предпринятые Е. Я. Шепелевым, Г. И. Мелешко, И. И. Гительзоном и И. А. Терско-

вым, очень заинтересовали Николая Владимировича.

Казалось, что успехи теоретической и экспериментальной биогеоценологии, столь блистательно развитые школой В. Н. Сукачева, позволяли приступить к решающему этапу исследований — моделированию экспериментальных биоценозов и изучению их функциональных характеристик. Однако исследования той поры носили в основном качественный характер, и, рассматривая их результаты, Николай Владимирович подчеркивал важность системного подхода, необходимость опоры на фундаментальный общебиологический подход к проблеме. Его, в частности, очень занимал вопрос о том, в какой мере неизбежное обеднение биологических компонентов искусственного биоценоза может сказаться на надежности и стабильности его функционирования.

Заглядывая в будущее, он размышлял не только о роли водорослей и высших растений, но и о гетеротрофном звене подобных систем, подчеркивая важность животных белков в рационе космонавтов, которые будут совершать полет к Марсу или куда-либо далее.

Кстати, один из его аспирантов работал с моллюсками как источником нетрадиционного питания. К настоящему времени ученым, работающим в области биологических систем жизнеобеспечения, удалось заметно продвинуться вперед. Созданы лабораторные установки, которые позволяют на основе использования биологических звеньев и поступающей извне энергии обеспечивать регенерацию атмосферы и воды, то есть покрывают потребность человека в этих важнейших компонентах.

Кроме того, требует дальнейших исследований и поднятая Николаем Владимировичем проблема надежности подобных систем, особенно с учетом их исключительно длительного функционирования.

Наконец, третье направление, одно из самых близких ему,— это генетические исследования. Напомню, что те годы для генетиков и генетики были очень непростыми, еще сильно было влияние сессии ВАСХНИЛ 1948 года. Тем не менее невозможно было представить развитие космических исследований без генетических исследований, и у нас сложились хорошие контакты с немногими сохранившимися лабораториями — Н. П. Дубинина и другими. Объекты были различные: и растения, и дрозофила. Казалось, так хорошо работавшей в генетике мушке не было занятия на Земле, но в космосе она отлично работала. Николай Владимирович не только с интересом ознакомился с теми результатами, которые были к тому времени накоплены, но и вместе с нашими сотрудниками Г. П. Парфеновым, А. В. Смирновой и другими обеспечил дальнейшее успешное развитие генетических исследований. Множество исследований, на проведении которых настаивал Николай Владимирович, касались изучения комбинированного действия радиации и ускорений, радиации и невесомости.

Очень важным результатом этой большой работы явилось признание того, что невесомость не является мутагенным фактором в отношении всех исследованных типов мутаций.

Таким образом, Н. В. Тимофеев-Ресовский существенно продвинул три очень важных направления космической биологии — генетическое, затем радиационной биологии и проблем биосферы, экологии с точки зрения создания искусственных экологических систем жизнеобеспечения человека в условиях длительных космических полетов или жизни на других планетах.

Ну и, наконец, хотелось бы сказать, что он был великолепным педагогом. Я думаю, что не случайно, даже будучи студентом, он уже преподавал, это в крови было, в его природе. Необычайно хорошо умел излагать — увлекательно, интересно. Просто общение сотрудников с ним как с человеком тоже всегда обогащало, способствовало повышению культуры научной работы, совершенствовало умение мыслить, формулировать свои позиции и т. д. Он был доброжелательным человеком, но в науке очень строгим. Кроме того, он был необычайно широко образованным человеком, и это тоже обогащало окружающих.

А. Я. Окидывая единым взглядом все научное творчество Тимофеева-Ресовского, можно видеть, как от сравнительно частных генетических проблем он шел ко все более и более общим, затрагивающим не только всю биологию, но и выходящим за пределы собственно биологического знания. На его долю выпало редкое для ученого счастье видеть, как предложенные им взгляды и концепции становились общепризнанными, определяющими общий уровень развития той или иной науки, и, становясь таковыми, уже теряли имя их создателя. Так было с экспрессивностью и пенетрантностью, так было с микроэволюцией, с уровнями организации живого, с принципом усилителя, радиационной биогеоценологией. Так отчасти было и в космической биологии.

В заключение приведем перечень основных монографий, соавтором которых был Н. В. Тимофеев-Ресовский. Заметим, что он с гораздо бо̀льшим удовольствием участвовал в дискуссиях и разговаривал с учениками, чем писал статьи и книги.

«Применение принципа попадания в радиобиологии» (совместно с В. И. Ивановым, В. И. Корогодиным), М., «Атомиздат», 1968.

«Краткий очерк теории эволюции» (совместно с Н. Н. Воронцовым и А. В. Яблоковым), М., «Наука», 1-е издание — 1969-й, 2-е — 1977-й. Переведена на немецкий язык в 1975 г.

«Очерк учения о популяции» (совместно с А. В. Яблоковым, Н. Н. Глотовым), М., «Наука», 1973. Переведена на немецкий в 1977 г.

«Введение в молекулярную радиобиологию» (совместно с А. В. Савичем и М. И. Шальновым), М., «Медицина», 1981.