

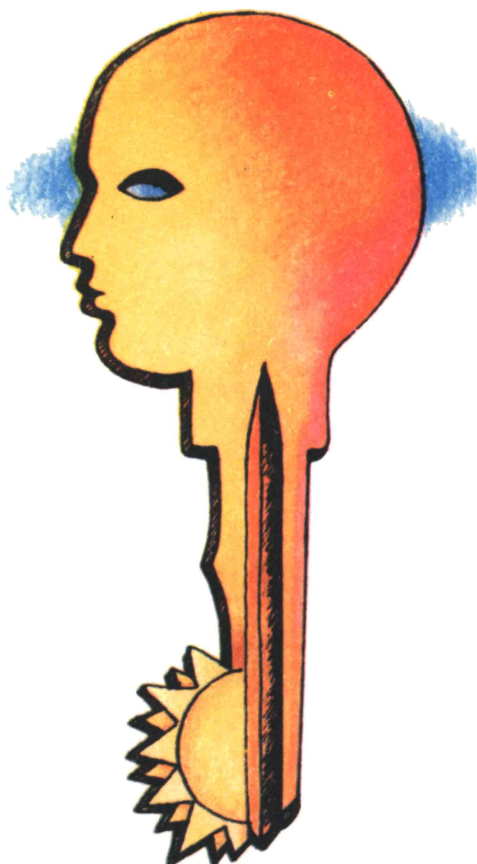
ISSN 0130-5972

ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

7

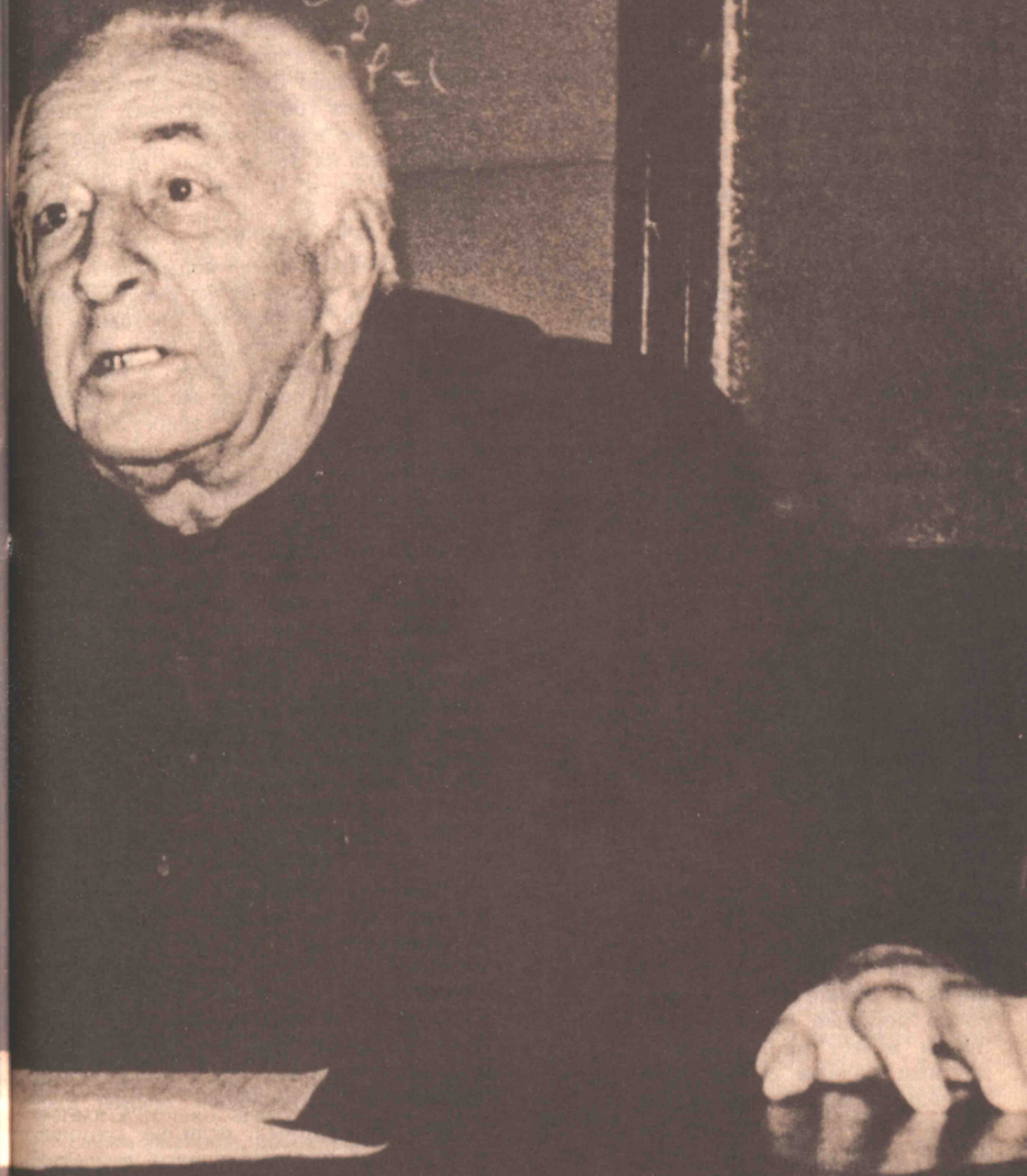
1987



Это — Зубр

О Николае Владимировиче Тимофееве-Ресовском многие узнали лишь из повести Даниила Гранина «Зубр», опубликованной в журнале «Новый мир». Но в мире научном Тимофеев-Ресовский (1900—1981) известен уже давно как автор фундаментальных исследований по генетике, теории видообразования, радиобиологии, и в частности определением размера гена. Его идеи о природе вещества наследственности были подхвачены и развиты Э. Шредингером в книге «Что такое жизнь? С точки зрения физика», которая в свою очередь вдохновила Дж. Уотсона и Ф. Крика заняться проблемой гена и открыть двойную спираль ДНК. Заслуги Тимофеева-Ресовского были широко отмечены за рубежом, в частности, высшей наградой в области генетики — Кимберовской премией.

Повесть Гранина, построенная на документах и живых свидетельствах, открывает перед нами подлинный масштаб личности этого замечательного человека и ученого. Одного не хватало читателям «Зубра» — фотографии героя. Публикуемый здесь портрет Николая Владимировича сделан С. Э. Шнолем во время лекции на физическом факультете МГУ в 1973 г.



Биосфера и человечество

Н. В. ТИМОФЕЕВ-РЕСОВСКИЙ

Среди большого числа современных проблем научно-технического характера, которыми эпоха наша весьма богата, есть одна комплексная проблема, решение которой является задачей всего естествознания, включая математику, и значение которой до сих пор большинством людей недостаточно осознано. Об этой проблеме вкратце идет речь в этой статье.

Недавно происходил очередной международный демографический конгресс, занимавшийся проблемами народонаселения нашей планеты — Земли. Этот конгресс был в основном посвящен вопросу роста народонаселения. Цифры следующие: в 1900 году людей на Земле было, примерно, полтора миллиарда, сейчас около четырех миллиардов людей населяют Землю. К двухтысячному году нас будет примерно 7 миллиардов, а через сто лет ожидается цифра населения где-то между двадцатью и тридцатью миллиардами.

Но дело не в цифре народонаселения как таковой. Места на Земле и для тридцати миллиардов людей достаточно, и для пятидесяти, и даже для большего числа. Но вот другой аспект проблемы важен: экономисты и ученые естествоведы на основе наших современных научных знаний оценили, что при достаточно хорошей организации хозяйства Земля может прокормить и снабдить другими видами сырья около десяти-двенадцати миллиардов людей. Из этого следует, что через 100 лет примерно половине народонаселения Земли будет не хватать не только пищи, но и целого ряда других видов биологического сырья, необходимого, как все знают, для самых разнообразных отраслей химической и другой промышленности. Я должен напомнить, что сто лет — это не туман-

ное отдаленное будущее, о котором можно не думать, а это всего лишь три человеческих поколения. То есть через 100 лет Землю будут населять внуки и правнуки теперешних людей, населяющих сейчас Землю. Следовательно, это время от нас не слишком отдаленное. Из этого видно, что даже нам и ближайшим двум поколениям людей придется, хотя бы они или нет, разбираться детально в этой проблеме.

Как видите, я пока изобразил проблему в довольно-таки пессимистических тонах. Через 100 лет, выходит, примерно половине народонаселения будет нечего делать на Земле, будет нечего есть, а может быть, и нечем дышать и не хватит воды для питья, для утоления жажды, не говоря уже о промышленности, которая «пьет» воды много больше, чем все человечество вместе взятое.

А теперь попробуем поставить эту проблему иначе, отнюдь не в утопически-фантастическом плане, а на основе того, что мы сегодня можем предвидеть, то есть на основе конкретных научных знаний в области, в первую очередь, биологии и целого ряда других дисциплин, включая математику.

Я должен напомнить, что Земля наша является живой планетой, то есть планетой, на которой развивалась грандиозная по своему своеобразию, разнообразию, да и, как мы сейчас увидим, по общей массе жизнь. Есть, по-видимому, целый ряд планет мертвых, лишенных жизни. Земля же наша является живой планетой, и ее характерной особенностью, в связи с этим, является особая оболочка земного шара, получившая название биосферы.

Биосферой мы называем, следовательно, ту наружную оболочку земного шара, на которой развилась и процветает жизнь: в форме большого числа разнообразных видов живых организмов, животных, растений, микроорганизмов, населяющих наружные слои земной коры на суше, практически всю толщу гидросферы, то есть Мирового океана, морских и пресных вод, и нижние слои атмосферы, окружающей земной шар.

Один из крупных, если не крупнейший натуралист последнего столетия, наш соотечественник академик В. И. Вернадский, умерший в сорок пятом году глубоким стариком, в целом ряде блестящих работ создал общее учение о биосфере Земли.

Биосфера, как я уже сказал, пред-

ставляет собой прежде всего пленку жизни, покрывающую земной шар. Общая масса живых организмов или, как мы говорим, общая биомасса Земли примерно была подсчитана Вернадским и его школой и составляет около десяти в шестнадцатой степени тонн. По сравнению с общей массой Земли это не очень много, но конечно, это огромная масса вещества. Причем не следует забывать, что это вещество живое. Живые организмы постоянно рождаются и отмирают, в живых организмах протекают процессы обмена веществ, следовательно, живые организмы в отличие от неживой или, как Вернадский говорил, косной природы или косного вещества представляют собой огромный химический завод, превращающий огромные массы вещества и энергии на поверхности нашей планеты.

В этом первое, может быть, самое важное свойство биосферы. Биосфера является существенной составной частью общей жизни Земли как планеты, является энергетическим экраном между Землей и Космосом и той пленкой, которая превращает определенную часть космической, в основном солнечной, энергии, поступающей на Землю, в ценное высокомолекулярное органическое вещество.

Биосфера Земли, выражаясь языком физиков и термодинамиков, является открытой термодинамической системой. В нее поступает энергия извне, из Космоса, в основном — это солнечная энергия. В процессе эволюции живые организмы на Земле создали две большие основные группы: организмы автотрофы, способные на основе поглощаемой ими солнечной энергии (например, зеленые растения с помощью фотосинтеза, а ряд микроорганизмов с помощью хемосинтеза) из неорганического вещества создавать органическое вещество, из малых молекул строить большие молекулы; другая группа организмов — гетеротрофы, к которым относимся и мы, может жить, существовать и питаться лишь на основе первичных продуцентов, как их часто называют, организмов автотрофов, о которых я только что говорил.

Таким образом, автотрофы непосредственно используют поступающую на Землю солнечную энергию, создают органическое вещество, а все остальные организмы — гетеротрофы: животные, очень небольшая часть растений, часть микроорганизмов и мы, люди, живем

уже на счет или за счет того органического вещества, которое создано автотрофами.

Следовательно, мы имеем энергетический вход в биосферу в форме солнечной энергии. В громадной биомассе биосферы протекают процессы обмена веществ, одни организмы отмирают, другие нарождаются, они питаются друг другом, продуктами друг друга и так далее. Происходит огромный, вечный, постоянно работающий биологический круговорот биосферы; целый ряд веществ, целый ряд форм энергии постоянно циркулируют в этом большом круговороте биосферы. И наконец, из этого круговорота есть выход. Живые организмы не образуют идеально замкнутого биосферного круговорота. Часть органического вещества поступает в почву, на дно водоемов, в водные растворы, используется микроорганизмами-минерализаторами, которые, используя эти органические остатки, разлагают их до простых неорганических солей, растворяющихся в воде, и поступают в сток, который в конечном счете кончается в мировом океане. И вот эти продукты минерализации отмирающего органического вещества, не использованные в биологическом круговороте биосферы, образуют, осаждаясь из водных растворов, осадочные или вторичные горные породы, мощным слоем покрывающие лик Земли. Другими словами, из живого круговорота биосферы для части вещества и энергии есть выход, так сказать, в геологию путем формирования вторичных осадочных горных пород. Таково общее представление о биосфере: энергетический вход в виде солнечной энергии, большой биосферный круговорот и выход из него в геологию, в осадочные горные породы.

В связи с нашей проблемой, с той проблемой, которую я вначале поставил: как же быть со все нарастающей численностью людей на Земле, возникает вопрос: «Что может этот большой биологический круговорот в биосфере давать людям?». Эту проблему можно рассмотреть по трем основным пунктам или местам только что описанной мною биосферы: 1) на энергетическом входе, 2) в биологическом круговороте биосферы и 3) на выходе из биологического круговорота в геологию.

Начнем с энергетического входа. На поверхность Земли падает определенное количество солнечной энергии. Конечно,

сработать биологически может только та часть этой солнечной энергии, которая поглощается организмами-автотрофами, в основном зелеными растениями, способными к фотосинтезу. Так вот, из всей падающей на Землю солнечной энергии лишь определенный процент, точно это подсчитать не так-то легко, скажем, примерно от трех до восьми процентов, падающей на Землю солнечной энергии поглощается зелеными растениями. Из поглощенной энергии не вся идет на фотосинтез. Как и в технике, в живой природе мы можем говорить о к. п. д.— о коэффициенте полезного действия, то есть лишь часть поглощенной зелеными растениями энергии используется растениями в фотосинтезе. Процент поглощенной солнечной энергии, используемой растениями, опять-таки подсчитать его точно нелегко, составляет примерно от двух до восьми процентов. При этом очень существенно заметить, что разные виды и группы растений обладают разным к. п. д. Так вот, уже на входе человечество может кое-что сделать для того, чтобы растительность поглощала больше поступающей на Землю солнечной энергии, а для этого необходимо повысить плотность зеленого покрова Земли. Пока мы, люди, в своей хозяйственной, промышленной деятельности и в быту, скорее, сокращаем эту плотность зеленого покрова Земли, небрежно обращаясь с лесами, лугами, полями, строительными площадками. Недостаточно озеленяя пустыни, степи, мы снижаем плотность зеленого покрова. Но как раз современная техника и уровень современной промышленности теоретически позволяют нам проделать обратную работу, то есть повышать всемерно на всех пригодных для этого площадях земной поверхности и в водоемах, особенно пресноводных, плотность зеленого покрова. Эта плотность зеленого покрова повысит процент поглощенной растениями солнечной энергии; причем повысить его, как показывают расчеты, можно минимум в полтора, может быть, даже в два раза, и тем самым удастся повысить биологическую производительность Земли.

Выше было сказано, что к. п. д.— коэффициенты полезного действия разных видов растений, могут быть очень различны, варьируя от двух до восьми, а может быть у ряда растений и более процентов; следовательно, здесь откры-

вается для человечества еще одна возможность: разумно, конечно, на основе предварительного точного изучения к. п. д. различных видов растений специалистами-физиологами, стараться повышать процент участия в растительных сообществах, покрывающих Землю, растений с наивысшим, а не наименьшим к. п. д. Этим опять-таки можно на какую-то цифру, в полтора раза или меньше, или больше, повысить уже тот процент солнечной энергии, который усваивается растениями и через фотосинтез растений ведет к производству органического вещества на Земле.

Значит, уже на входе в биосферу, на энергетическом входе можно выиграть, ну, скажем, фактор-2, то есть повысить биологическую производительность Земли в два раза. Напомню,— это то, что нам совершенно необходимо через сто лет.

Теперь перейдем к основному большому круговороту биосферы. Тут опять-таки мы, люди, хозяйствуем пока что очень небрежно, мы уничтожаем или подрываем воспроизводимые запасы животных и растений на планете, мы небрежно и неумно часто используем промысловые запасы лесов, зверей, рыб и так далее. Здесь только путем рационализации использования «дикой» живой природы можно сделать очень много. При общем повышении плотности зеленого покрова Земли легко будет повысить плотность и животного населения Земли, которое в конечном счете питается растительным покровом, прямо или косвенно. Путем точного изучения воспроизведения масс растительности, воспроизведения запасов полезных человеку животных, пушных зверей, копытных, морских зверей, птиц, рыб и целого ряда беспозвоночных, особенно в океане, мы сможем резко повысить полезную для человека продуктивность этого гигантского круговорота в биосфере. Но мы можем, и мы на пути к этому, повысить и продуктивность сельскохозяйственных культур, культурных растений и домашних животных. Ведь как раз за последнее десятилетие в генетике, науке о наследственности, мы все глубже проникаем в структуру и работу генотипа, наследственного кода информации, передаваемого от поколения к поколению в живой природе.

Когда мы будем знать более или менее точно структуру и работу этих гено-

пов, мы сможем резко повысить эффективность и ускорить селекцию сельскохозяйственных культур — культурных растений и домашних животных, с целью резкого повышения их производительности, полезной для человека. Ведь не следует забывать, что большинство сейчас используемых культурных растений и домашних животных — продукт одомашнивания, окультуривания, приручения и высева их около своих жилищ нашими далекими полудикими предками. Из почти трех миллионов видов животных, растений и микроорганизмов, населяющих Землю, человек может извлечь целый ряд видов, вероятно, много более полезных ему и более высокопродуктивных, чем те, которые он использует сейчас. Поэтому в большом биосферном круговороте человек на основании уже сейчас предвидимых научных возможностей может получить в два, три раза, а может быть, и больше полезных для себя веществ, чем он получает сегодня. В Японии используется уже сейчас более 20 видов водорослей для пищевых и кормовых целей, постоянно растет использование безпозвоночных, населяющих Мировой океан, вводятся в культуру новые виды растений, а иногда и животных, и так далее. Теперь вспомните, если мы на энергетическом входе сможем получить фактор-2, то есть за счет увеличения процента поглощаемой растением солнечной энергии и повышения среднего к. п. д. растения можем увеличить продуктивность, скажем, в два раза, да на большом биосферном круговороте повысить ее еще в 3—4 раза, два на три, четыре — получается в 6—8 раз, т. е. мы сможем в 6—8 раз повысить продуктивность биосферы Земли. И еще раз повторяю: это все на основании того, что научно уже сейчас понятно и возможно.

Есть еще одна очень важная, но нерешенная биологическая проблема. Дело в том, что Земля наша всюду и всегда населена более или менее сложными комплексами многих видов живых организмов, сложными сообществами или, как биологи называют их, — биоценозами. Так вот, мы до сих пор не знаем, почему в течение долгого времени (большого числа поколений живых организмов) такие сложные сообщества, если человек их не подрывает, не портит, не видоизменяет, способны находиться в состоянии равновесия между составляющими их видами.

Почему это так? — мы, положим, знаем. Потому что вся эволюция на Земле проходила в приспособлении живых организмов не только к неживой внешней среде, но и друг к другу, так сказать, в результате эволюции организмы оказываются хорошо «притертыми» друг к другу. Поэтому причина возникновения такого равновесия нам понятна. Но механизмы, управляющие такими равновесными системами, нам пока не известны. И вот одной из задач новой нашей советской дисциплины — биогеоценологии, созданной недавно скончавшимся крупнейшим и старейшим нашим биологом академиком Владимиром Николаевичем Сукачевым, и является точное изучение отдельных, местных, так сказать, биогеоценологических круговоротов, в сумме составляющих общий круговорот веществ в биосфере, и изучение условий и закономерностей, создающих равновесное состояние, а также условий и воздействий, нарушающих эти равновесия.

Человеку ведь, передельвая, улучшая сообщество в живом покрове Земли, придется делать это, не нарушая равновесия, а так, чтобы переводить сообщества живых организмов в разных местах из одного, менее выгодного для человека и менее продуктивного, в более выгодное и более продуктивное равновесное состояние.

Что значит нарушить равновесие, мы уже знаем. Вспомните общеизвестный пример: завезение кроликов в Австралию. На новом месте в Австралии у кроликов не оказалось естественных врагов — хищников и паразитов. Они размножились в таких количествах, что стали в Австралии национальным бедствием. И со времени их завезения в девятнадцатом веке по настоящее время затрачены сотни миллионов, если не миллиарды, долларов на борьбу с кроликами, которая достигла эффективных значений лишь в самое последнее время, за последние два — два с половиной десятилетия. Когда англичане в Новую Зеландию и Австралию пожелали завезти свои знаменитые английские розы, оказалось, что на новом месте розы съедались начисто за один сезон тлями. Выяснилось, что у тли, завезенной вместе с розами, на новом месте опять-таки нет естественных врагов. Равновесие было восстановлено лишь тогда, когда из Европы завезли жучков — божьих коровок, которые являются основными

врагами тли; и когда восстановилось равновесие, стали произрастать розы, розы ела гля, а тлей стали есть божьи коровки, которых опять-таки держали в приличных пределах численности разные птички, которые клевали божьих коровок, восстанавливая равновесие в розарии. Я привел два примера, но таких примеров можно привести сотни и сотни.

Следовательно, когда человек разрешит проблему равновесия в живой природе, он из биосферного круговорота сможет извлечь еще много больше, потому что он тогда действительно сознательно, научно, на рациональных основах сможет в свою пользу и по своему усмотрению изменять и улучшать биологические сообщества, населяющие Землю. Если из этого возникнет возможность еще в полтора раза увеличить производительность биосферы, то мы уже получим вместе с предыдущими возможностями более чем 10-кратное увеличение биологической продуктивности Земли.

И наконец, последний, третий пункт — выход из биосферы. Сейчас мы знаем, что в ряде мест на Земле, на дне некоторых озер вместо ила, который минерализуется живыми организмами до растворимых неорганических солей, постепенно образуется сапропель, чрезвычайно интересное и ценное органическое вещество, состоящее в основном из углеводов, белков и жиров. Этот сапропель уже сейчас используется людьми. Японцы, например, высшие сорта его превращают в пищевые вещества, следующие, более низкие сорта, — в кормовой материал для скота, а самые низкие сорта сапропеля употребляют в качестве органических удобрений. У нас сапропель тоже уже употребляется, например, в кондитерской промышленности в качестве заменителя желатина и агара. Но употребляется он пока людьми в очень незначительном количестве. Так вот, дело не в сапропеле как таковом, а гораздо в большем; в будущем на выходах из большого биосферного круговорота будут сидеть инженеры-биотехники, задачей которых будет не допускать деградации вещества, выходящего из большого круговорота биосферы, до состояния малоценных мелких молекул, неорганических солей, в конечном счете какой-нибудь известки, получаемой из известняков, образующихся в виде осадочных горных пород в океанах

и морях. Эти инженеры-биотехники будут ловить выходящие из круговорота биосферы вещества в формах значительно более ценных — больших органических молекул: углеводов, белков и жиров, бесконечно более полезных людям. Это третий пункт, где люди смогут повысить продуктивность Земли.

Я начал с пессимистической констатации соотношения очень быстрого прироста народонаселения земного шара и естественной ограниченности биологических запасов на Земле. Однако, рассмотрев то, что происходит в биосфере, и то, что мы уже знаем благодаря работам наших крупнейших ученых Вернадского, Сукачева и ряда других, мы приходим к оптимистическому прогнозу: не в 2, а в 10 с лишним раз человек может повысить продуктивность Земли, не подорвав производительных сил ее биосферы.

Наконец, я хочу указать на следующее: мы привыкли рассуждать о биологической продуктивности Земли главным образом с точки зрения пищевых ресурсов для нас самих. Но ведь биосфера Земли — эта гигантская живая фабрика, преобразующая энергию и вещество на поверхности нашей планеты, — формирует и равновесный состав атмосферы, и состав растворов в природных водах, а через атмосферу — энергетику нашей планеты. Она же влияет и на климат. Вспомним огромную роль в круговороте влаги на земном шаре испарения воды растительностью, растительным покровом Земли. Следовательно, биосфера Земли формирует все окружение человека. И небрежное отношение к ней, подрыв ее правильной работы будет означать не только подрыв пищевых ресурсов людей и целого ряда нужного людям промышленного сырья, но и подрыв газового и водного окружения людей. В конечном счете люди без биосферы или с плохо работающей биосферой не смогут вообще существовать на Земле.

Из этого видно, что это действительно проблема номер один и проблема срочная. Нам нужно уже сейчас бросать все научные силы на решение этой проблемы. Для этого нужно точно инвентаризовать наше живое окружение, в чем мы тоже сильно отстали. Нужна большая работа зоологов, ботаников, гидробиологов, которые бы точно и хотя бы полуколичественно инвентаризовали виды растений, животных, микроорганиз-

мов, населяющих разные территории и акватории, разные регионы нашей планеты, в первую очередь обширного нашего отечества. Нужны физиологи, биохимики, биофизики, генетики, которые бы изучили интимные, глубинные механизмы жизни, которые позволили бы селекционерам, сельским хозяйствам, биотехникам, промысловикам рационально, полно и много богаче, чем сейчас, использовать живые ресурсы Земли.

Наконец, проблема равновесия, о которой я упоминал, это проблема для математиков и кибернетиков, без их участия ее не разрешить. А как я уже говорил, ее разрешение поможет людям разумно изменять свое живое окружение. Вот примерно то, что каждый должен знать и постоянно обдумывать в от-

ношении той проблемы, которую я поставил вначале. Надо не забывать, что людям ее решать придется, хотя они этого или нет. И ведь жизнь на земном шаре, человеческая жизнь, пока протекает не очень мирно, поэтому несомненно будет в ближайшее время еще существовать соревнование, конкуренция разных стран, разных континентов, разных больших регионов Земли. И нам в этой конкуренции отставать нельзя. Наоборот, вся история естествознания, русского естествознания девятнадцатого и двадцатого веков, дает возможность именно нам, советским ученым, эффективнее других, целостнее и рациональнее приступить к изучению научных основ этой большой проблемы — проблемы «биосферы и человечества».

Человек действия

О защите природы, о научных и практических аспектах сохранения равновесия в биосфере Н. В. Тимофеев-Ресовский говорил и писал постоянно. В 1960 году с кафедры Большой физической аудитории МГУ он громовым голосом буквально обрушивал на нас, студентов, ужасающие факты того времени:

«За последние 15 лет погибло три четверти нерестилищ дальневосточных лососей...»

«Из-за неграмотной разработки леса, когда при трелевке гибнет весь подсев, только в Свердловской области — полтора миллиона гектаров невозобновляемых порубок...»

«Лишь три процента уральских вод годны для питья и двадцать процентов годны для промышленного использования. А, следовательно, более семидесяти процентов не годны ни на что...»

И далее (все это — записи из моего блокнота тех лет и выписки из «Материалов совещания по охране природы Урала» — Свердловск, 1958 г.): «Игнорирование этих явлений мо-

жет превратить страну в мертвую пустыню даже без мировой атомной войны!»

Человек действия, Николай Владимирович предлагал два необходимых и взаимодополняющих друг друга способа изменить положение. Во-первых, учить студентов в вузах, причем не только в биологических, а прежде всего, в технических, готовящих специалистов для народного хозяйства, основам охраны природы. («Всякий нормальный человек, — говорил он, — ежели ему не на все наплевать, зная последствия своего конкретного хозяйствования, способен не допустить многих безобразий»). Во-вторых, развивать науку о биосфере, которую он именовал «вернадскологией с сукачевским уклоном» — в честь В. И. Вернадского и В. Н. Сукачева, очень много сделавших в этой области науки. И сам Тимофеев-Ресовский энергично действовал в том и другом направлениях.

Прочитанная вами статья «Биосфера и человечество» была впервые опубликована в «Научных трудах Общества Географического общества СССР» в 1968 г. малым тиражом. В ней автор предвосхищает не толь-

ко нынешний обостренный интерес к экологической науке во всем мире, но — еще в докомпьютерную эпоху! — первостепенную роль математического обеспечения таких исследований. («Проблема равновесия, о которой я упоминал, это проблема для математиков и кибернетиков, без их участия ее не разрешить».)

Написанная почти двадцать лет назад, эта статья и теперь сохраняет свое значение, ибо последующее развитие наук о биосфере во многом шло по путям, либо предложенным, либо страстно пропагандированным Николаем Владимировичем Тимофеевым-Ресовским.

Доктор физико-математических наук В. И. ИВАНОВ