



А.И.ОПАРИН

**ЖИЗНЬ
КАК
ФОРМА**
Движения
МАТЕРИИ



АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Научно-популярная серия

Академик

А. И. Опарин

ЖИЗНЬ
КАК ФОРМА
ДВИЖЕНИЯ
МАТЕРИИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

Москва 1963

Сказочно богат и необычайно интересен мир живых существ. Около двух миллионов видов животных населяет нашу планету, животных самых разнообразных, от невидимой невооруженным глазом амебы — простейшего существа, до слона, вес которого три тонны. Столько же весит... язык синего кита. Само же это животное может достигать 150 тонн! При изучении богатства мира живых существ перед десятками поколений ученых на протяжении многих веков неизменно встают вопросы: что такое жизнь? как она возникла? как шло ее развитие?

Виднейший советский биохимик академик Александр Иванович Опарин почти полвека посвятил разработке важнейших научных проблем. Среди многих теорий возникновения жизни теория Опарина, основанная на тщательном изучении данных астрономии и биологии, химии и геологии, пользуется, пожалуй, наибольшим признанием в научном мире.

Прочтите эту книгу, и вы узнаете, как диалектический материализм помогает науке в изучении жизни на Земле.

* * * *

Диалектика жизни

Материя, та объективная реальность, которую мы непосредственно наблюдаем и опытным путем изучаем, находится в постоянном движении. Это движение не является в отношении материи чем-то внешним, а необходимо связано с самим ее существом. Оно присуще всем областям действительности. «Движение, — писал Ф. Энгельс, — рассматриваемое в самом общем смысле слова, т. е. понимаемое как форма бытия материи, как внутренне присущий материи атрибут, обнимает собою все происходящие во Вселенной изменения и процессы, начиная от простого перемещения и кончая мышлением»¹.

Таким образом, движение материи нельзя рассматривать только как перемещение материальных тел в пространстве. Механическое перемещение подобного рода представляет собою лишь одну (и при этом наиболее простую, низшую) форму движения материи. Наряду с нею материи присущи и другие, более сложные формы движения, которые возникают как новые качества в процессе ее развития.

Этот процесс мы можем наблюдать повсюду в окружающем нас мире. Он имеет характер поступательного движения и направлен к возникновению все более и более высоких форм материи.

¹ Ф. Энгельс. Диалектика природы, Госполитиздат, 1955, стр. 44.

Возникающие в процессе развития новые качества материальных объектов вполне реальны, но это не значит, что они существовали ранее в каком-то скрытом виде. Они появляются заново на данном этапе развития материи как новые (отсутствовавшие ранее) свойства и закономерности, как более многообразные и богаче дифференцированные формы движения.

Такого рода возникновение нового из старого в процессе развития материи закономерно необходимо. Там, где одинаковые объекты развиваются в одинаковых условиях, всегда, неизбежно, с естественной закономерностью должны возникать одинаковые новые качества, сходные формы движения.

В природе на основе постепенно накапливающихся количественных изменений в процессе развития происходят качественные изменения материальных объектов. Они совершаются скачкообразно. Пока объект изменяется только в количественном отношении, он остается «самим собой». Когда в процессе развития наступает критическая точка, объект изменяет свою сущность и становится «другим».

Однако при возникновении новых качеств прежние формы движения материи не исчезают. Они сохраняются и в новых объектах реальной действительности, но как бы отходят здесь на задний план. Значение прежних форм движения материи для последующего развития становится относительно очень малым. Дальнейшие судьбы качественно новых природных тел определяются в основном уже их особыми свойствами и новыми объективными закономерностями, которые нельзя свести путем простого анализа к прежним, более примитивным, формам. Всякое представление о такого рода сводимости равносильно, по существу, отрицанию подлинного развития, оно искажает действительность и несовместимо с истинной диалектикой природы.

Конечно, развитие материи не может осуществляться одновременно и одинаково во всем мире. В разных частях Вселенной, на разных объектах нашего звездного мира, оно происходит различными путями и в различных темпах. Поэтому можно думать, что в беспредельных пространствах Вселенной



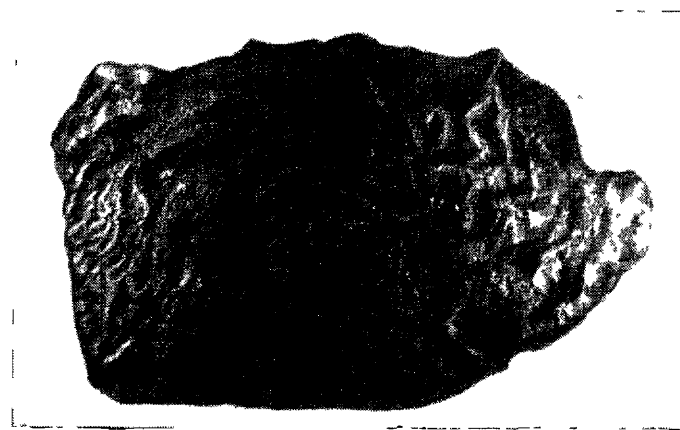
Звездное скопление Плеяд, окруженное пылевой туманностью

существует множество весьма разнообразных сложных (а в ряде случаев и совершенных) форм движения материи, о которых сейчас мы даже и не подозреваем. Однако для нашего земного мира мы можем установить три основных стадии развития и в соответствии с ними три качественно различных формы движения материи — неорганическую (абиогенную), биологическую и социальную.

Данные изотопного анализа наиболее древних пород земной коры указывают нам, что наша планета существует примерно пять миллиардов лет. Однако в течение очень длительного периода после своего образования Земля была безжизненной. В это время ей были свойственны одни лишь неорганические формы движения материи. В частности, все совершавшиеся на ее поверхности явления всецело определялись законами физики и химии. Но в процессе абиогенного развития углеродистых соединений возникали качественно новые объекты действительности — первичные живые существа, которым была свойственна особая форма движения материи — жизнь, отсутствовавшая ранее. Наиболее яркое свое выражение эта форма находит в специфическом взаимодействии живых систем с окружающей их внешней средой, в диалектическом единстве живого тела и условий его существования.

В основе этого единства лежит биологический обмен веществ, в котором многие десятки, а может быть и сотни тысяч отдельных биохимических реакций закономерно сочетаются между собой в сложную сетку превращения веществ и энергии. В этой сетке тесно связаны в единую систему как процессы синтеза, ассимиляции, в результате которых вещества внешней среды превращаются в белки и другие свойственные организмам соединения, так и процессы диссимиляции, распада, в основном служащие источником необходимой для жизни энергии. В результате любой организм в течение всей своей жизни находится в непрерывном внутреннем движении, в состоянии непрерывного распада и синтеза. Его видимое постоянство является лишь внешним выражением исключительного совершенства согласованности указанных противоположных ветвей обмен-

на, благодаря чему на место каждой распавшейся частицы белка или другого вещества становится вновь образованная частица. Таким путем организм до известной степени сохраняет постоянными свою форму и химический состав, все время изменяясь при этом материально.



«Пришелец из Космоса». Метеорит размером почти в человеческий рост

Особенностью, которая качественно отличает жизнь как более высокую форму движения, является то, что в живых телах многочисленные биохимические реакции, составляющие в своей совокупности обмен веществ, не только строго согласованы между собой во времени и в пространстве, не только сочетаются в едином порядке непрерывного самообновления, но и весь этот порядок закономерно направлен к постоянному самосохранению и самовоспроизведению всей живой системы в целом, исключительно совершенно приспособлен к решению задачи существования организма в данных условиях внешней среды. Такого рода форму движения мы не обнаруживаем нигде в неорганической природе. Она появилась заново вместе с возникновением жизни.

При этом на ранее существовавшие физические и химические закономерности наложился новые

биологические законы природы, которые вышли теперь на авансцену и приобрели главенствующее значение в дальнейшем прогрессивном развитии живых существ. Венцом этого биологического развития явилось возникновение человека, которое ознаменовало собою начало третьего, социального этапа развития материи. Теперь уже биологические закономерности отошли на задний план и преобладающую роль в дальнейшем прогрессе стали играть законы развития человеческого общества.

Очень важным является то, что с началом каждого нового этапа развития, и стало быть с возникновением новой формы движения материи, темпы этого развития все ускорялись. Если абиогенная эволюция углеродистых соединений потребовала для формирования наиболее примитивных организмов миллиарды лет, то с возникновением нового порядка обмена прогресс биологических объектов стал происходить гораздо быстрее, и важнейшие события в эволюции живого мира совершались на протяжении сотен или даже только десятков миллионов лет. Биологическое развитие человека длилось всего лишь один миллион лет. Социальные же преобразования совершались в течение тысячелетий или даже веков, а сейчас выявляются существенные сдвиги в развитии человеческого общества в периоды, исчисляемые десятилетиями.

Таким образом, общее развитие материи совершается по круто загибающейся вверх кривой, причем в определенных точках этой кривой (обозначающих возникновение жизни и появление человека) нарастающие темпы развития происходят особенно сильно. Такую форму кривой развития всегда нужно иметь в виду, если мы хотим составить себе правильное представление о прошлом и будущем.

✱

От «замкнутой орбиты» до «ракеты времени»

Во времена Ньютона мир представлялся человеку в виде гигантского, раз и навсегда заведенного механизма, в котором все явления совершаются по кругу и поэтому их можно полностью рассчитать и в конечном итоге предсказать, как легко предсказать смену дня и ночи или зимы и лета вследствие вращательного движения Земли вокруг своей оси или ее обращения вокруг Солнца по замкнутой орбите. Однако в дальнейшем стало ясно, что развитие в природе совершается не по кругу, а имеет поступательный характер и направлено односторонне. Поэтому образ вращающегося вокруг своей оси колеса, у которого любая точка на ободу все время возвращается в свое исходное положение, был заменен образом летящей в одном направлении «стрелы времени». Однако в свете современных данных и это сравнение устарело. Ведь стрела летит с убывающей скоростью, а темпы развития материи все время нарастают. Поэтому это развитие лучше сравнивать с начальным периодом полета космической многоступенчатой ракеты, постепенно увеличивающей свою скорость за счет сбрасывания своих отдельных звеньев.

Подобным образом, когда возникают новые формы движения материи, темпы их развития резко возрастают, как бы получая новый мощный толчок, но при этом ускорение сосредоточивается на все более ограниченной области развивающейся материи. Так, при возникновении жизни стала бурно развиваться биосфера Земли, представляющая собой лишь небольшую часть всей нашей планеты, а с возникновением людей дальнейшее ускорение темпов развития получило человеческое общество, составляющее лишь малую долю всей совокупности живых существ.

✱

*Как человек стал летать
Дальше птицы,
бегать быстрее лани,
плавать лучше рыбы*

Именно таким нарастанием темпов развития и определяется то положение, что с возникновением новых форм движения старые формы как бы отходят на задний план. Они полностью сохраняются в новых материальных объектах, но свойственные им темпы развития настолько относительно малы, что делают их роль в дальнейшем прогрессе совершенно ничтожной. Сказанное можно легко продемонстрировать на примере перехода от биологической к социальной стадии развития материи. Часто приходится слышать высказывания о том, что сейчас происходит чрезвычайно быстрое биологическое развитие индивидуальной человеческой личности и что через какие-нибудь двести или пятьсот лет по умственным способностям, по обобщающей силе своего ума человек будет во много раз превосходить людей нашего времени. Однако изучение прошлого не дает нам основания для такого рода предсказаний. Стоит, к примеру, сравнить мощь ума Аристотеля с умственными способностями наших современников. В ряде случаев это будет не в пользу последних. А ведь Аристотель жил две с половиной тысячи лет тому назад! Следовательно, человек как биологический индивидуум за истекшие две тысячи лет не так уж сильно «поумнел», усовершенствовался. Этому не противоречит и то обстоятельство, что объем наших знаний сейчас неизмеримо возрос по сравнению с тем, чем владел Аристотель. Дело в том, что весь объем этих знаний человек не создает каждый раз целиком заново своим личным умом, а получает его в основном в готовом виде, как результат общественно-трудовой деятельности предшествующих поколений. Он воспринимает их посредством слова, изображения или письма, что обеспечивается важной качественной особенностью человека — наличием второй сигнальной системы.

Таким образом, те знания, которыми мы владеем и которые мы используем в нашей практической деятельности, являются плодом общественного труда, результатом развития человеческого общества, социальной формы движения материи, формы гораздо более совершенной, чем биологическая, а поэтому и развивающейся в несравненно более быстрых темпах.

Понятно, что сроки, исчисляемые столетиями, а тем более десятилетиями, совершенно недостаточны для того, чтобы в течение их человек смог существенно измениться в биологическом отношении. Однако за эти сроки он приобрел невиданную доселе власть над окружающей его природой. Он может перемещаться по Земле быстрее лани, плавать под водой лучше рыбы и летать по воздуху несравненно скорее и дальше любой птицы. И это не потому, что за указанное время у него выросли крылья или образовались плавники или жабры.

Советские люди первыми проникли в космос не потому, что им свойственны какие-то биологические особенности, а благодаря социальному строю советского государства и творческим усилиям коллективов, создавших космические корабли. Таким образом, приобретенное человеком могущество есть плод общественного, социального, а не индивидуального биологического развития.

Конечно, биологические законы сохраняют свою власть над человеком, и он, несомненно, развивается, как и всякий другой организм, согласно этим законам. Но для того, чтобы в результате биологического развития произошли какие-либо существенные сдвиги в его организации, необходимы такие промежутки времени, которые совершенно несопоставимы с летосчислением истории развития современного общества.

Поэтому совершенно неправы те, кто видит будущее человека в его каком-то необычном биологическом совершенствовании, в том, что у него вырастет голова необычных размеров или произойдет какое-либо другое изменение в организации его тела. Широкая столбовая дорога человеческого прогресса проходит сейчас не через биологическое развитие индивидуальной человеческой личности, а через совершенствование его общественной жизни, через прогресс социальной формы движения материи.

Среди сотен идей и гипотез

Подобное изменение темпов развития при появлении новой формы движения материи можно видеть и на другом интереснейшем примере. Как возникла жизнь? Сейчас мы знаем, что и до этого события в неорганическом мире еще безжизненной Земли чисто абиогенным путем совершалось превращение углеродистых соединений, происходили спонтанные синтезы сахаров, аминокислот, пуриновых оснований и их разнообразных полимеров. Но эти процессы шли длинными, запутанными путями, когда отдельные реакции сочетались и перекрещивались между собой хаотически, ненаправленно. Поэтому каждый новый шаг в этой области требовал для своего осуществления громадных промежутков времени. С появлением жизни и возникновением обмена веществ установился порядок, при котором участвующие в синтезе биохимические реакции закономерно сочетались между собой. Поэтому биологические синтезы стали идти с несравненно большей скоростью, чем это имело место просто в растворе органических веществ. Таким путем жизнь вовлекла в свою орбиту главную массу углеродистых соединений земной поверхности, и сейчас живым существам принадлежит почти полная монополия на синтез органических соединений. Старые же абиогенные способы их образования отошли на задний план, и мы лишь с большим трудом можем обнаружить в природе только их слабые проявления.

Игнорирование развития материи или непонимание соотношения возникающих в процессе этого развития форм движения всегда давало искаженное представление действительности и заводило исследователя в тупик. В особенности это нужно сказать в отношении познания сущности жизни, той формы движения материи, которая лежит между неорганической и социальной формами. Неумение понять различие этих форм и соотношение между ними создавало в истории вопроса, казалось, совершенно безвыходную, а по существу совершенно ложную альтернативу между витализмом и механицизмом, кажущаяся неиз-

бежность которой является лишь следствием непонимания диалектики живой природы.

Витализм представляет собою одну из попыток идеалистической трактовки сущности жизни. Согласно идеализму материя сама по себе, как таковая, безжизненна и косна. Она служит лишь материалом, из которого душа или дух (вечное, не постигаемое опытным путем начало) создает живые существа, придает им форму, целесообразность строения, наделяет способностью к дыханию и движению, вообще делает их живыми. Это начало и определяет собою сущность жизни. Поэтому, исходя из идеалистических представлений, можно объективно изучать лишь строение отдельных организмов или их органов, но познать опытным материалистическим методом самую сущность жизни принципиально невозможно, так как она имеет свсрхматериальный характер. Лишь путем умозрительного самопознания можно приблизиться к пониманию того божественного начала, которое мы носим в себе. Познание же жизни всего остального мира животных и растений возможно только через это начало, открытое только в сознании человека.

Получившие свое развитие в естествознании прошлого и начале нашего века витализм и неовитализм выражают (открыто или в завуалированной форме) идеалистическую точку зрения на жизнь. Нередко выступая как естествоиспытатели, виталисты не могли и не могут отрицать того, что всякая жизнь обязательно связана с тем или иным организмом и в конечном итоге имеет свой материальный «субстрат». Но по их мнению, это лишь «голая материя». Она, так же как и материя неорганических тел, подчиняется только общим законам физики и химии. Но эти законы не могут нам объяснить специфические особенности живых существ. Поэтому организмам свойственны особые начала нематериального характера, которые по существу и управляют жизненным процессом. Этим началам давались разные названия: «жизненный порыв» (Г. Бергсон), «аристогенез» (Г. Осборн), «хелизм» (Дж. Сметс), «энтелехия» (Г. Дриш), «доминанта» (Рейнке), «финализм» (Э. Рассел), «телефинализм» (Л. де Нюи) и т. д. Однако общей для всех их является их свсрхматериальная, не постигаемая опытным путем природа.

В особенности широко привлекалось виталистами действие такого рода начала для «объяснения» одного из наиболее характерных свойств всего живого — исключительной приспособленности всей организации живых тел к их взаимодействию с окружающей средой, а также приспособленности отдельных органов к выполнению осуществляемых ими в организме функций. Эта приспособленность, или как ее нередко обозначают «целесообразность» строения всего живого, была отмечена еще Аристотелем, который охарактеризовал ее как лежащую в основе жизни «энтелехию», как «принцип, имеющий цель в самом себе».

В средние века высочайший авторитет католической церкви Фома Аквинский, подчеркивая идеалистические тенденции Аристотеля, видел в «целесообразном» строении организмов выполнение божественных предначертаний. Современный витализм недалеко ушел от этой трактовки «энтелехии». Отрицая возможность объективного изучения опытным путем приспособительных свойств всего живого, витализм выступает как тормоз научного познания жизни. Еще К. А. Тимирязев писал по этому поводу: «Гипотеза витализма никогда не была и не может быть по существу рабочей гипотезой. Приступая к объяснению какого-либо явления, нельзя отпираться от того положения, что оно необъяснимо. Виталист, как виталист, обречен на бесплодие»².

Широкие круги биологов-естествоиспытателей во всем мире сознательно или стихийно исходят в своей исследовательской работе из материалистического понимания всего живого, из убеждения, что жизнь, как и весь остальной мир, материальна по своей природе и что ее объективное изучение опытным путем является весьма плодотворным.

Идя по этому пути, они все более и более обогащают своими работами науку о жизни, приближая нас к пониманию ее сущности и сознательному овладению жизненным процессом.

Однако и в пределах материалистического восприятия жизни ее сущность и методы ее познания могут пониматься совершенно по-разному.

Как мы видели выше, согласно диалектико-материалистическому пониманию мира, жизнь материальна по своей природе, но она не является неотъемлемым свойством всей материи вообще. Ею наделены лишь живые существа. Это особая, качественно отличная от неорганического мира форма движения материи. Живым организмам присущи особые, специфические свойства и закономерности, не сводимые только к законам, царящим в неорганической природе. Поэтому для диалектического материализма главное в познании жизни заключается именно в установлении ее качественного отличия от других форм движения материи.

В противоположность этому механический материализм (механицизм) категорически отрицает само это качественное отличие между живыми организмами и телами неорганической природы. Он метафизически игнорирует процесс развития материи, как путь к возникновению новых, ранее отсутствовавших качеств. Поэтому, согласно механицизму, нет и не может быть никаких специфически биологических качеств или закономерностей.

Реально существуют одни только царящие в неорганической природе законы физики и химии, которые управляют и всеми явлениями, совершающимися в живых организмах. Признание же особых биологических качеств, которые не удается уложить в рамки физики и химии, механицисты объявляют виталистическим, ненаучным, забывая о том, что формы организации и движения материи могут быть очень многообразными и что признание материальной природы жизни еще совсем не обязательно связано с отрицанием ее специфических особенностей.

Исходя из всего сказанного, механицисты видят решение задачи понимания жизни в ее наиболее полном объяснении физикой и химией, в наиболее полном сведении всех жизненных явлений к физическим и химическим процессам. Их метод, грубо говоря, состоит в том, чтобы разобрать организм, как часы, на отдельные винтики и колесики и на основании изучения этих частей познать живое существо как целое.

Конечно, детальный анализ веществ и явлений, свойственных отдельным организмам, чрезвычайно

² К. А. Тимирязев. Соч., т. V, Сельхозгиз, 1957, стр. 186.

важен и совершенно необходим для правильного понимания жизни. Блестящие успехи современной биохимии и биофизики являются наглядным тому свидетельством. Рационально двигаться в направлении научного познания жизни можно, только изучив в деталях химию материального субстрата жизни, изучив отдельные вещества и их свойства, отдельные, принимающие участие в обмене веществ, реакции и их связи; поняв биоэнергетические, структурные и общесвойства живого. Доказывать выдающуюся роль физических и химических исследований в этом отношении — это значит ломиться в открытую дверь.

Она несомненна, но весь вопрос состоит в том, достаточны ли одни эти исследования сами по себе для достижения указанной цели. По-видимому, нет. Ведь мы и сейчас при всей изощренности нашего анализа еще очень далеки от познания сущности жизни. И это отнюдь не потому, что наш анализ еще не доведен до конца.

— «Целое, — писал М. Планк, — всегда чем-то отличается от суммы отдельных частей». Понять это целое можно, только познавая его в его становлении и развитии, только изучая и воспроизводя процессы постепенного усложнения и совершенствования более примитивных систем, являвшихся исходными для его образования. Еще великий диалектик древней Греции, Гераклит Эфесский, а вслед за ним и Аристотель утверждали, что только тогда можно понять сущность вещей, когда знаешь их происхождение и развитие.

В противоположность этому механицисты стремились и стремятся познать жизнь в метафизическом отрыве от ее происхождения. Многие из них даже самую проблему возникновения жизни рассматривали как вопрос, относящийся скорее к области веры, чем науки, и считали, что эта проблема не заслуживает того, чтобы серьезный ученый тратил время на ее решение.

Но именно благодаря такому игнорированию процесса развития материи механицизм оказался совершенно беспомощным в своем стремлении материалистически обосновать многие наиболее существенные

биологические явления. В первую очередь это относится к отмеченному нами выше наиболее характерному признаку всего живого, к исключительно совершенной приспособленности всей организации живых существ к условиям их существования.

С позиций диалектического материализма эту приспособленность, так называемую целесообразность строения, можно понять лишь на основе познания специфики взаимодействия организма с внешней средой и на основе дарвиновского принципа естественного отбора. Эта новая биологическая закономерность могла возникнуть только в процессе становления жизни. Именно поэтому, безжизненные, неорганические тела лишены такой «целесообразности». Она отсутствует в естественных условиях неорганической природы, и мы тщетно стали бы искать ее объяснения только в общих законах физики и химии. Виталисты видят в «целесообразности» строения организмов проявление сверхматериальной «жизненной силы», целеустремленное выполнение предначертаний какого-то высшего духовного начала. Единственно, что могут выдвинуть по этому поводу механицисты, — это уподобление живых организмов искусственно созданным механизмам, машинам. Конструкция, внутренняя организация машины, говорят они, всегда приспособлена к выполнению определенной работы, специфической для данной машины, аналогично тому, как строение органов живого тела приспособлено к выполнению необходимых для жизни функций. Вне жизни только у машин мы находим такого рода приспособленность строения и вместе с тем работа любой машины легко может быть целиком сведена к физическим и химическим явлениям. Поэтому, согласно механицистам, именно в отождествлении живых существ и механизмов можно будто бы видеть единственный путь для спасения естествознания от мистической «энтелехии» виталистов.

На этой основе еще со времен Декарта и до наших дней существует стремление познать организм, как какой-то очень сложный механизм.

✱

От «века часов» к «веку кибернетики».

Успехи и заблуждения

В разные эпохи изменялось только материальное оформление этого стремления, отражая собою состояние развития науки и техники. Во второй половине XVII и в начале XVIII в. (в «век часов») основу всего сущего видели в механическом движении, в осуществляемом, согласно ньютоновским законам, перемещении тел в пространстве. Жизнь также трактовалась с этих позиций лишь как очень сложное механическое движение, наиболее ярким выражением которого служит произвольное перемещение животных. Согласно представлениям Декарта, организм есть не что иное, как весьма сложная, но по своему строению вполне понятная машина, движение которой зависит исключительно от ее устройства, от давления и столкновения частиц вещества, подобно движению колес в башенных часах. Исключительно важное место в деле познания жизни занимала поэтому в то время анатомия.

Однако в следующий период развития науки, в «век паровой машины» (конец XVIII и все XIX столетие), на это место все больше начинает претендовать физиология, а роль механики в познании жизни принимает на себя энергетика. Прообраз живых существ теперь видят уже не в часах, а в тепловых двигателях. Широкое развитие получает высказанная еще Лавуазье аналогия между дыханием и горением. Пища — это лишь горючее, которое мы подбрасываем в топку нашего организма, и поэтому ее ценность вполне может быть выражена в калориях. Руководящими принципами века в познании жизни становятся законы сохранения и вырождения энергии — первый и второй закон термодинамики.

В наше время у нас на глазах совершился переход от «века паровых машин» к «веку связи и управления». Теперь механическим прообразом живого существа становится уже не тепловой двигатель, а элек-

тронная вычислительная машина, учение о питании уступает свое место физиологии высшей нервной деятельности, а энергетика сменяется кибернетикой — наукой о способах восприятия, передачи, переработки и использования информации управляющими устройствами независимо от конкретной материальной природы этих устройств, от того, построены они «из металла или плоти», т. е. являются они машинами или организмами.

Как всякая молодая отрасль знания, кибернетика развивается очень бурными темпами. Поэтому она уже успела значительно обогатить новыми идеями и достижениями науку и особенно технику.

Понятное увлечение этими успехами, а также широкое (хотя и малооправданное) применение в кибернетике терминов нейрофизиологии, психологии и даже социологии, создало в настоящее время такое положение, что многие современные авторы стали считать кибернетические машины, способные выполнять ряд функций умственного труда человека, действительно в какой-то мере живыми и на этом основании стали рассматривать кибернетику как принципиально новый, универсальный путь познания самой сущности жизни.

Это, конечно, неверно. Как мы видели, попытки наделить машины жизнью существовали уже в течение многих веков. Однако, чем углубленнее мы изучаем организацию живых тел, тем все более формальной выявляется аналогия между организмами и механизмами.

Какой бы сложностью и совершенством организации не обладала современная электронная вычислительная машина, она все же по своей природе дальше отстоит от человека, чем, например, наиболее примитивная бактерия, хотя последняя не обладает той дифференцированной нервной системой, которую так удачно имитирует машина.

Указанное различие между организмами и машинами отчетливо выявляется и в их вещественной природе (в том, что живые существа, по меткому выражению Энгельса, являются «белковыми телами»), и в точном характере организации протоплазмы, тогда как основная конструкция машин статична, и в характере

энергетики, в методах преодоления организмами энтропии и т. д. Но особенно важно отметить здесь то обстоятельство, что проводимая механицистами аналогия между организмами и машинами ни в какой мере не может объяснить именно того, что она призвана объяснить, — «целесообразности» организации живых существ. Ведь машины — это не просто действующие на основе одних только физических и химических закономерностей неорганические системы. Они являются порождением даже не биологической, а более высокой — социальной — формы движения материи. Внутренняя «целесообразность» машины, приспособленность ее строения к выполнению определенной работы не может быть выведена из взаимодействия каких-то закономерностей неорганического мира, она является плодом психической деятельности человека, его творческих усилий. Поэтому, когда механицисты пытаются объяснить внутреннюю приспособленность организмов аналогией с машинами, они неизбежно приходят к тем же выводам, что и идеалисты — к признанию творческой воли Создателя. Наглядным примером этому может служить книга одного из крупнейших современных физиков, Э. Шредингера, «Что такое жизнь с точки зрения физики?» В ее введении автор ставит перед собой задачу понять сущность жизни на чисто материалистической основе. Но при этом он исходит из механистических позиций, считая, что организация жизни основана на принципе «часового механизма». Поэтому в заключение своей книги Шредингер с логической необходимостью принужден охарактеризовать жизнь, как «прекрасный шедевр, когда-либо достигнутый по линии господней квантовой механики»³, т. е., говоря попросту, признать божественное происхождение жизни.

Таким образом, внешне противостоящие друг другу механицизм и витализм в равной мере заходят в идеалистический тупик в своих попытках познания сущности жизни, именно потому, что они игнорируют диалектический путь развития материи, стремятся познать жизнь в отрыве от ее становления. Раци-

онально, материалистически жизнь может быть познана лишь как особая форма движения материи, возникающая на определенном этапе ее развития. У нас на Земле возникновение жизни произошло, как неотъемлемая составная часть общего развития нашей планеты. И только изучая историю этого развития мы будем в состоянии понять, как и почему формировались именно те, а не иные характерные для жизни признаки, как в самом процессе становления жизни возникали новые, отсутствовавшие ранее качества и биологические закономерности и как сложилась та «целесообразность» организации, которая так нас поражает во всех живых существах.

✱

Как возникла жизнь

Имеющиеся в нашем распоряжении факты показывают, что возникновение жизни на Земле представляло собой длительный и односторонне направленный процесс постепенного усложнения органических веществ и формировавшихся из них целостных систем, находящихся в постоянном взаимодействии с окружающей их внешней средой.

Начальным звеном этого процесса было абиогенное образование органических веществ на поверхности нашей планеты. Органические вещества являются основой и обязательной составной частью материального субстрата жизни и только на основе их превращения возможна организация биологического обмена веществ.

Поэтому появлению жизни на Земле обязательно должно было предшествовать абиогенное (независимое от жизни) образование органических веществ. Простейшими, исходными в этом отношении углеводистыми соединениями являются углеводороды; недаром в настоящее время всю органическую химию принято определять как химию углеводородов и их производных. Это определение правильно отражает собою генетическую связь любого органического соединения с углеводородами, из которых оно может быть получено.

³ Э. Шредингер. Что такое жизнь с точки зрения физики. М., ИЛ, 1947.

Обязательным условием для абиогенного образования углеводородов на том или ином космическом объекте является обилие на нем водорода в свободном или связанном виде. Но так как водород является основным элементом нашей Галактики, составляет более 90% от всего ее вещества, то возникновение углеводородов чрезвычайно широко распространено на разнообразных телах нашего звездного мира. Углеводороды действительно были обнаружены почти во всех доступных исследованию небесных объектах. В частности их присутствие установлено в раскаленной атмосфере многих звезд, в том числе и в атмосфере Солнца, в холодных газово-пылевых облаках межзвездного пространства, на поверхности больших планет и их спутников, в веществе комет и, наконец, в упавших на Землю метеоритах. Абиогенный путь образования углеводородов на указанных объектах не подлежит никакому сомнению. Таким образом, первое звено в цепи превращений углерода, приведшее на нашей планете к возникновению жизни, является весьма универсальным и осуществлялось повсюду во Вселенной.

Наша Земля не представляет в этом отношении какого-то исключения. Данные планетной космогонии показывают, что абиогенное образование углеводородов в широких масштабах происходило в самом процессе возникновения Земли, как планеты. Углубленные геохимические исследования и эксперименты показывают, что оно осуществлялось и позднее при формировании земной коры. Это формирование шло путем выплавления легких базальтовых пород под влиянием радиогенного тепла. Оно сопровождалось выделением различных паров и газов вследствие их испарения по мере повышения температуры. Пары и газы могли образовываться также в твердых земных оболочках при совершавшихся здесь радиоактивных, радиохимических и химических процессах. Поэтому образование водной и газовой оболочек Земли (ее гидросферы и атмосферы) было с самого начала существования нашей планеты тесно связано с процессами формирования земной коры. При этом формировании обязательно должны были образовываться углеводороды.

Очень важным является то обстоятельство, что формирование земной коры не может считаться законченным и в настоящее время. Поэтому и сейчас мы вправе ожидать обнаружение, хотя бы в небольших масштабах, тех процессов, которые в гигантских размерах происходили когда-то на Земле. И действительно в сотне мест земного шара удалось обнаружить углеводороды в виде газовых выделений и жидких примазок в наиболее глубинных породах, причем в ряде случаев абиогенное происхождение этих углеводородов не подлежит никакому сомнению.

В современную эпоху существования Земли подавляющая масса органических соединений синтезируется на основе новой и совершенной формы движения — биологическим путем. Поэтому сейчас абиогенный путь образования углеводородов отошел на задний план и мы с трудом можем обнаружить лишь его слабые проявления. На безжизненной же Земле этот путь был основным исходным для возникновения органических веществ. И именно дальнейшее абиогенное превращение первичных углеводородов явилось вторым шагом к возникновению жизни.

Большой фактический материал, накопившийся за последнее время, позволяет нам не только ясно представить себе картину указанного превращения органических веществ, но даже экспериментально воспроизвести те процессы, которые имели место на безжизненной Земле.

Атмосфера Земли, в которую в описываемое нами время выделились из земной коры газообразные углеводороды, принципиально отличалась от современной по своему химическому составу. Современная атмосфера, как известно, очень богата свободным кислородом. Однако этот газ является порождением деятельности земных организмов, и, если бы сейчас погибла вся растительность, то исчез бы и свободный кислород, так как он был бы сравнительно быстро (в течение нескольких тысячелетий) полностью поглощен перенасыщенными в отношении его изверженными горными породами.

Первичная атмосфера Земли носила восстановительный характер. Правда, при формировании нашей планеты свободный водород был ею утрачен, но обилие

этого элемента в исходном материале оказало существенное влияние на состав соединений земной поверхности. Поэтому атмосфера безжизненной Земли в основном состояла из водородных соединений: паров воды, аммиака, сероводорода и т. д. Что должно было произойти с углеводородами в условиях первичной атмосферы Земли? С. Миллер⁴ недавно попытался экспериментально воспроизвести эти условия. Он пропускал тихие разряды через смесь паров воды, аммиака, метана и водорода. При этом у него возникали аминокислоты — те основные «кирпичи», из которых построена белковая молекула. Аналогичные результаты были получены Т. Павловской и А. Пасынским⁵ при воздействии на ту же газовую смесь коротковолновых ультрафиолетовых лучей, которые глубоко проникали в первичную атмосферу вследствие отсутствия в ней свободного кислорода. Оро⁶ несколько в иных условиях, но также абиогенным путем, получал разнообразные гетероциклические соединения, в частности пуриновые и пиримидиновые основания — молекулярные звенья в цепи частиц нуклеиновой кислоты. Сейчас имеется очень большое число подобных исследований, опубликованных в научной литературе⁷.

Органические вещества образовывались таким путем вначале в земной атмосфере, а затем переходили в ее гидросферу, где их превращения и взаимодействия не прекращались. В частности, недавние опыты Акабори⁸, Вильсона⁹ и других исследователей продемонстрировали полную возможность далеко идущей в этих условиях полимеризации аминокислот или гетероциклических оснований. При этом происхо-

дит образование высокомолекулярных веществ типа белков или нуклеиновых кислот¹⁰.

Однако очень существенным является то, что структура белков и нуклеиновых кислот, выделяемых нами сейчас из организмов, является строго закономерной, тогда как в абиогенно возникающих полимерах расположение мономеров в их цепях носило случайный характер.

*

«Питательный бульон» жизни

Итак мы имеем очень веские основания для того, чтобы считать, что в определенный период существования нашей планеты воды ее гидросферы (первичных морей и океанов) превратились в раствор разнообразных органических соединений, образовали своеобразный «питательный бульон».

Возникновение органических веществ было совершенно обязательным шагом на пути к возникновению жизни. Однако их раствор весьма далек от того, чтобы можно было бы считать его живым. Имевший в нем место порядок химических превращений органических веществ, их образование и распад коренным образом отличался от того порядка, который свойствен живым организмам. В этих последних вследствие известной предсуществующей в них организации последовательность отдельных реакций строго согласована в единой сетке обмена веществ. Поэтому порядок совершающихся здесь процессов строго целенаправлен, и он способен приводить к постоянно повторяющемуся синтезу иной раз весьма сложных и специфических соединений, которые таким образом могут быстро накапливаться в живой клетке в значительных количествах.

В основе указанного порядка лежит следующее: органические вещества могут реагировать в очень разнообразных направлениях, они обладают очень большими химическими возможностями, но вне живого

⁴ S. Miller. I. Amer. Chem. Soc., **77**, 2351 (1955)

⁵ Т. Павловская и А. Пасынский. Труды Международного Симпозиума «Возникновение жизни». М., Изд-во АН СССР, 1959, стр. 161.

⁶ I. Oro. Nature, 190, 442. 1961.

⁷ «Возникновение жизни на Земле», Изд-во АН СССР, 1959.

⁸ S. Akabori. Kagaku (Science in Japan), **25**, 54, 1955.

⁹ A. Wilson. Nature, 188, 1007. 1961.

¹⁰ J. Schramm und W. Pollmann. Angew. Chemie N 2 53. 1962.

тела, в простом растворе они используют эти возможности крайне «лениво», медленно. Напротив, в живых существах превращения органических веществ протекают исключительно быстро. Причина этого заключается в каталитических свойствах белков — ферментов. Для того чтобы любое органическое вещество живого тела реально участвовало в обмене веществ, оно должно войти в химическое взаимодействие с тем или иным ферментом, образовать с ним весьма подвижное, неустойчивое промежуточное соединение. В противном случае его химические возможности реализуются настолько медленно, что они не могут играть никакой роли в бурно протекающем процессе жизни.

Характерным для ферментов является то, что их молекулярное строение — расположение аминокислотных остатков в полипептидной цепи, упаковка этой цепи в глобулу, наличие активных центров и т. д. крайне хорошо и совершенно приспособлено к выполнению тех каталитических функций, которые данный фермент несет в живой клетке. Здесь даже на «молекулярном уровне» проявляется та «целесообразность» строения, которая так характерна для всего живого.

Вследствие чрезвычайно тонкой специфичности своего строения каждый отдельный фермент образует промежуточное соединение только лишь с определенным субстратом и может катализировать изменение этого субстрата только в определенном направлении. Поэтому совершающиеся в живом теле реакции могут протекать с весьма различными скоростями прежде всего в зависимости от наличия определенного набора ферментов, свойственного той или иной клетке, а также от каталитической активности этих ферментов. Но эта активность может очень сильно изменяться как от внутренней физико-химической обстановки, так и от воздействия внешней среды. Такого рода очень подвижное соотношение скоростей отдельных биохимических реакций и создает предпосылки для определенной последовательности и согласованности этих реакций в единую целую сложную сеть обмена веществ.

Как и в простом водном растворе органических веществ, в «первичном питательном бульоне» такой

порядок явлений, конечно, совершенно отсутствовал. Совершавшиеся в «бульоне» химические превращения не носили какого-то направленного, организованного характера, а реализовались по всем доступным направлениям широчайшего поля химических возможностей.

Любое вещество могло изменяться здесь самыми различными путями, и отдельные реакции перекрещивались между собой самым причудливым образом. Поэтому здесь могло возникнуть большое разнообразие всевозможных органических соединений и их полимеров, но чем сложнее и специфичнее было данное вещество и чем большее число реакций должно было участвовать в его образовании, тем это последнее было менее вероятным, а следовательно и возможная концентрация именно этого специфического вещества в «первичном бульоне» должна была быть тем меньше. Поэтому легко представить себе возможность широко идущего абиогенного образования сахаров, аминокислот, пуриновых и пиримидиновых оснований, а также их неспецифических полимеров. Однако крайне невероятным является образование здесь белков или нуклеиновых кислот, наделенных специфическим, строго определенным взаиморасположением аминокислотных или мононуклеотидных остатков.

*

Легенда о «живых молекулах»

Несмотря на всю очевидность этого положения до сих пор в научной литературе еще сохраняется ходячее мнение, согласно которому в «питательном бульоне» первоначально должны были возникнуть все характерные для современной клетки химические ингредиенты протоплазмы, в частности ферменты, нуклеиновые кислоты и другие сложные соединения, внутримолекулярное строение которых весьма совершенно приспособлено к выполнению определенных биологических функций.

В результате объединения этих ингредиентов в единую систему будто бы и происходило возникновение организмов, наподобие того, как машина манти-

руется из отдельных заранее изготовленных деталей, строение которых приспособлено к осуществлению определенной работы.

Но именно возникновение такой приспособленности в результате действия каких-то стихийных сил совершенно невероятно даже применительно к объектам, стоящим на «молекулярном уровне». Ведь строение частицы фермента приспособлено к выполнению той функции, которую этот фермент несет в организме. Как же эта приспособленность могла возникнуть до формирования самого организма?

Такого рода предположение во многом напоминает представления Эмпедокла о путях возникновения живых существ. Этот древнегреческий философ считал, что сперва возникли отдельные органы — «так выросло множество голов без шеи, блуждали голые руки, лишенные плеч, двигались глаза, лишенные лба»¹¹. В дальнейшем эти разрозненные члены буд-то сочетались между собой, образовав разнообразных животных и людей.

С современной, дарвиновской точки зрения, ошибочность, абсурдность такого рода представлений совершенно ясна. Первичное возникновение эмпедокловского «глаза, лишенного лба» вне организма невозможно потому, что для самого глаза функция «видеть» не имеет никакого значения. Она появляется только в процессе эволюции организма, как целого. Это же полностью относится и к «целесообразно» построенным молекулам белков — ферментов. Они могут возникать лишь в процессе эволюции целостных живых тел, где они несут определенную необходимую для жизни функцию. И действительно, изучение фактически имеющего место синтеза ферментов в природе показывает, что он происходит только в живых организмах. Для образования любой ферментной молекулы необходима свойственная протоплазме организация, наличие целой серии предсуществующих в ней ферментов, их согласованное в единой системе совместное действие. При искусственном создании такого ферментного комплекса,

например в модельном опыте, может быть когда-либо и удастся воспроизвести синтез белка — фермента вне клетки. Но просто в растворе органических соединений, при отсутствии сложно организованной системы каталитических и структурных механизмов — это совершенно исключено.

То же нужно сказать и о нуклеиновых кислотах, с очень сложным и специфичным строением которых связаны осуществляемые ими в живой клетке функции редупликации. Согласно представлениям Моргановской школы генетиков, первично в растворе органических веществ сама собою возникла молекула нуклеиновой кислоты, строение которой было таково, что она могла воспроизводить в «питательном бульоне» совершенно сходные с нею молекулы, т. е. «размножаться». Она явилась, так сказать, первой «живой молекулой», от которой произошли все живые существа»¹².

Однако в результате каких причин могла сама собой возникнуть такая приспособленная к выполнению определенных биологических функций молекула, авторы подобных представлений совершенно не могут объяснить. Одних только физических и химических закономерностей, царящих в «первичном бульоне», для этого явно не достаточно. Поэтому все сторонники данной теории, так сказать, «объясняют» возникновение «целесообразной» «структуры» своей первичной «живой молекулы» просто «счастливым случаем», в котором Довийе¹³ справедливо видит «руку своеобразного создателя». По существу эта «рука» мало чем отличается от «господней квантовой механики» Шредингера или даже от «божественного произвола» Св. Августина.

Однако, если бы даже в «первичном бульоне» в результате какого-то совершенно исключительного случая и возникла единичная молекула нуклеиновой кислоты (что уже само по себе крайне невероятно), то и тогда она не могла бы здесь «размножаться». Ведь

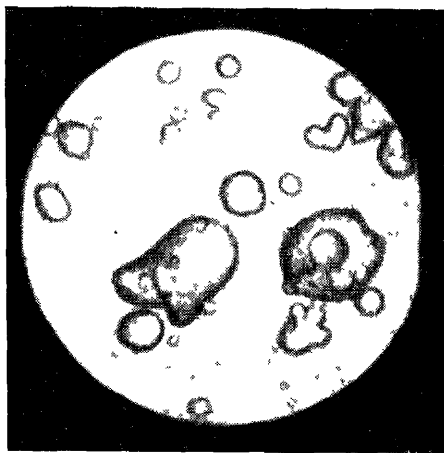
¹² H. Miller. Proc. Soc. B., 1947, 134.

¹³ A. Dauvillier. *Jenèse, nature et evaluation des planetes*. Paris, 1947.

¹¹ Simpeicius. De coelo 586, 29. См. «История философии», М., Госполитиздат, т. 3 (1940).

для этого требуется согласованное действие ряда ферментных систем и других биологических механизмов.

Обычно пытаются обосновать возможность такого «размножения» молекул нуклеиновой кислоты в «бульоне» ссылкой на вирусы, в частности на вирус табачной мозаики. Этот вирус действительно является по своей химической природе нуклеопротеидом. Будучи внесенным в клетки табачного листа, он вызывает



Коацерватная капля

бурно протекающий процесс биосинтеза такого же нуклеопротеида, как он сам. Происходит как бы «размножение» вируса. Однако синтез вируса может происходить только в живом листе, только на основании его обмена веществ.

В этом синтезе участвуют многочисленные взаимодействующие между собой ферменты и другие системы. Успехи биохимии последних лет по-

зволяют надеяться, что когда-нибудь удастся изолировать эти системы и на основе их организованного взаимодействия синтезировать вирус и другие нуклеотиды, но построенные таким путем искусственные модели, конечно, не будут иметь ничего общего с простым водным раствором органических веществ «первичного бульона». Вирус не способен «размножаться» ни в каком «бульоне» или другом растворе, хотя таких «сред» испытано бесконечное множество.

Таким образом мы должны категорически отказаться от возможности возникновения в «первичном бульоне» каких-то единичных «живых молекул».

Характерным для жизни является то, что она не просто рассеяна в пространстве, а представлена

отграниченными от внешнего мира очень сложными индивидуальными системами — организмами, которые непосредственно взаимодействуют с внешней средой и внутреннее строение которых чрезвычайно хорошо приспособлено к длительному существованию, к постоянному самообновлению и самовоспроизведению в данных условиях окружающей среды.

✱

На подступах к жизни

Такого рода организация могла возникнуть только на основе длительного усовершенствования в процессе развития выделившихся из «первичного питательного бульона», из однородного раствора органических веществ, целостных многомолекулярных систем. Вначале эти системы были очень примитивными, сходными по своему химическому составу с окружающей их внешней средой, но уже способными взаимодействовать с нею благодаря самому своему обособлению. Возникновение таких систем не представляет собою чего-либо особенного. Первоначально это были просто изолировавшиеся участки «первичного бульона».

Даже при простом смешивании растворов разнообразных белков и других подобных веществ может легко наступить нарушение равномерности распределения этих веществ во всем объеме растворителя. При этом их молекулы собираются в целые рои или кучи, и когда такого рода образования достигают известной величины, они выделяются из раствора в форме видимых под микроскопом коацерватных капель, плавающих в окружающей их равновесной жидкости, от которой они отделены хорошо выраженной поверхностью раздела.

В связи с определенной организацией этой поверхности и наличием некоторой внутренней структуры коацерватные капли обладают специфической способностью избирательно адсорбировать различные вещества из окружающего их раствора. При этом указанные вещества могут вступать с той или иной

скоростью в химическое взаимодействие с веществами самой капли. Вследствие этого коацерватная капля, плавающая не просто в воде, а в растворе тех или иных веществ, приобретает свойства примитивной открытой системы, взаимодействующей со своей внешней средой.

Возникновение таких коацерватных капель являлось обязательным следствием образования в водах первородного океана белковоподобных и других высокомолекулярных органических полимеров. Этот процесс не требует для своего осуществления каких-либо особых условий и вместе с тем он является наиболее мощным из всех известных нам способов концентрирования высокомолекулярных соединений из их разбавленных растворов. Он происходит даже тогда, когда концентрация этих веществ не превышает одной тысячной доли процента. Вместе с тем очень важным является и то обстоятельство, что современный носитель жизни — протоплазма — обладает строением комплексного коацервата. Все это заставляет нас рассматривать неизбежно возникавшие в «первичном питательном бульоне» мирового океана коацерватные капли как наиболее вероятные исходные системы, при дальнейшем эволюционном развитии которых образовались первичные живые существа. Современные лабораторные исследования коацерватных капель показывают, что уже в самом начале этой эволюции должны были выявиться два очень важных для последующего развития этих систем обстоятельства. С одной стороны — индивидуальные особенности физической и химической организации каждой отдельной коацерватной капли (ее состав, структура, наличие тех или других неорганических катализаторов и т. д.) накладывали определенный отпечаток на те химические реакции синтеза и распада, которые совершались именно в данной капле. В связи с этим одни из указанных реакций совершались в ней с большей, а другие с меньшей скоростью, чем это происходит в простом растворе.

С другой стороны — любые, даже разрозненные, химические процессы, совершавшиеся в капле, а тем более то или иное их сочетание, не были безразличны для ее дальнейшей судьбы.

Одни из этих процессов способствовали большей устойчивости и длительности существования данной коацерватной системы в данных условиях внешней среды. Они с этой точки зрения были полезными. Напротив, другие из совершившихся в капле процессов, их сочетаний носили отрицательный характер, были вредны для данного индивидуального образования, приводили к нарушению динамической устойчивости тех систем, в которых они возникали. Но именно в силу этого такие системы не могли играть сколько-нибудь существенной роли в дальнейшей эволюции органических образований, так как их собственная история очень скоро обрывалась.

Таким путем уже в начальной стадии развития коацерватов возник известный «отбор» исходных систем по признаку соответствия их организации задаче сохранения данной капли в условиях ее непрерывного взаимодействия с окружающей внешней средой.

Именно на основе этой новой, появившейся в самом процессе становления жизни закономерности и происходило формирование характерного для всего живого обмена веществ — такого сочетания отдельных реакций, которое в своей совокупности является «целенаправленным» к постоянному самосохранению и самовоспроизведению живых систем в данных условиях внешней среды.

Сравнительное биохимическое изучение обмена веществ у современных организмов, а также модельные опыты с коацерватами, в которых путем включения соответствующих катализаторов можно создавать сочетание определенных реакций, позволяет нам представить себе первые шаги формирования обмена веществ в исходных системах, а также дальнейшее его совершенствование в процессе развития первичных организмов.

Примитивная организация обмена веществ, первоначально возникавшая в коацерватных каплях, может быть охарактеризована как известное сочетание окислительно-восстановительных реакций сопрягающих химических механизмов, переносящих энергию, и реакций синтеза полимеров, участвующих в построении самих капель. Возникновение такой организации не требует наличия каких-либо особых условий,

оно может быть воспроизведено даже в модельных опытах.

Однако обладающие такой организацией коацерватные капли, взаимодействуя по типу открытых систем с окружающей их средой, способны за счет веществ и энергии этой среды увеличивать свою массу, сохраняя до известной степени постоянной свою организацию, основанную на определенном сочетании небольшого числа взаимосвязанных реакций. На этой основе в первичной гидросфере Земли могло происходить и увеличение числа наделенных примитивным обменом коацерватных капель путем их простого дробления под влиянием внешних механических сил, наподобие дробления капель эмульсии при ее встряхивании. Таким образом на этой стадии развития материи размножение систем еще не требовало их очень точной пространственной редупликации, являющейся функцией нуклеиновых кислот, которые возникли гораздо позднее, на более высокой ступени эволюции.

Взаимодействующие с внешней средой и увеличивающиеся в своем числе системы должны были все более и более подпадать под действие естественного отбора, предоставлявшего широкую дорогу дальнейшего развития только все более и более совершенным формам организации.

Эта прогрессивная эволюция обмена веществ должна была идти не только в направлении более совершенной согласованности небольшого числа указанных выше реакций, но и по пути увеличения числа звеньев цепи обмена веществ, по пути удлинения, разветвления этих цепей и их замыкания в циклы.

✱

Рождение ферментов

Для первоначального сочетания небольшого числа реакций было достаточно действия относительно простых катализаторов. Такими дошедшими до нас катализаторами на определенной начальной стадии развития обмена могли быть коферменты, число которых очень невелико. Повсеместное наличие одних и

тех же коферментов во всех без исключения организмах указывает на их большую древность, на то, что они возникли и принимали участие в обмене еще тогда, когда древо жизни не разделилось на отдельные ветви.

Но чем длиннее и разнообразнее становились цепи реакций, чем больше усложнялась сетка обмена и росло число реакций в ней, тем согласованность скоростей этих реакций должна была быть строже, а стало быть, тем более совершенными механизмами нужно обладать, чтобы этого достигнуть. Поэтому ранее существовавших малочисленных и слабоспециализированных катализаторов — коферментов — оказалось недостаточно для решения такой сложной задачи, и прогрессивная эволюция биологических систем пошла в направлении создания целого арсенала новых мощных катализаторов — ферментов.

Присущее современным ферментам поразительное соответствие между их внутримолекулярным строением и осуществляемыми ими биологическими функциями могло возникнуть только в процессе отбора закономерно изменяющихся эволюционирующих целостных систем. Конечно, первично возникшие белковоподобные полимеры были или совсем лишены каталитической активности, или являлись очень плохими катализаторами. Но из множества возникающих таким путем вариантов естественный отбор сохранил только те, участие которых в метаболизме данной системы способствовало ее более длительному существованию, разрастанию и размножению.

В процессе взаимодействия биологических систем с внешней средой и в результате действия естественного отбора непрерывно в течение многих сотен миллионов лет происходило совершенствование как всей живой системы в целом, так и ее отдельных механизмов. Так, например, совершенствовались, все более и более приспособляясь к своим биологическим функциям, как белки — ферменты, так и связанные с их синтезом механизмы, в частности сформировавшиеся к указанному периоду эволюции рибонуклеиновые кислоты.

✱

Дорога к фотосинтезу

Подавляющее число возникавших в процессе эволюции каталитических вариантов безвозвратно потеряно для нас. Естественный отбор давно уже смел с лица Земли все те переходные системы, в которых организация обмена была еще весьма несовершенной. Но сравнительное изучение обмена у сохранившихся до наших дней наиболее примитивных организмов дает нам возможность судить о том, как постепенно сложился в организмах новый, исключительно совершенный порядок химических превращений, который так характерен для жизни современных высокоразвитых животных и растений.

Данные сравнительной биохимии наглядно показывают, что одни формы организации обмена веществ, одни метаболитические системы возникли у самых истоков жизни и свойственны всем без исключения организмам. Другие, напротив, сложились значительно позднее как добавочные надстройки к уже существующим системам¹⁴.

Единственным источником питания для первичных организмов могли вначале служить только те органические вещества, которые возникли раньше чисто абиогенным путем.

В соответствии с этим способность к органическому питанию заложена в самой основе жизни, присуща всем без исключения живым существам.

Отсутствие свободного кислорода в первичной земной атмосфере и гидросфере обусловило анаэробный характер энергетического обмена первичных организмов. Поэтому, как показывают данные сравнительной биохимии, анаэробный обмен лежит в основе энергетики всех без исключения современных организмов¹⁵.

В процессе развития жизни запас абиогенно образовавшихся органических веществ на земной поверх-

ности постепенно истощался, так как развитие жизни шло быстрее образования этих веществ. Их стало не хватать. Это изменение условий существования выдвинуло на первый план развития такие организмы, которые благодаря приобретенной ими способности поглощать свет получили возможность строить заново органические вещества из неорганического соединения углерода, из угольной кислоты атмосферы. Таким путем вместо прежнего, весьма несовершенного и медленного абиогенного способа образования органических веществ возник новый биологический метод синтеза этих веществ — фотосинтез. Он осуществлялся на основе обмена веществ очень совершенными путями и поэтому в дальнейшем приобрел главенствующее, монопольное значение, которое сохранил и до наших дней. Возникновение фотосинтеза изменило всю обстановку жизни на Земле. Часть организмов сама стала строить потребные им органические соединения, другая часть сохранила прежние формы питания, используя те органические вещества, которые возникали теперь уже биогенным путем. На этой основе произошло разделение организмов на мир растений и мир животных.

Возникновение фотосинтеза не только создало изобилие органических веществ, но и привело к появлению свободного кислорода, до этого отсутствовавшего на земной поверхности. Это изменило весь характер происходивших здесь химических процессов и позволило большинству живых существ значительно усовершенствовать свой энергетический обмен, надстроив над прежним анаэробным обменом новые системы кислородного дыхания и таким образом целиком используя скрытую в органических веществах энергию.

✱

¹⁴ А. И. Опарин. Жизнь, ее природа, происхождение и развитие. М., Изд-во АН СССР, 1960.

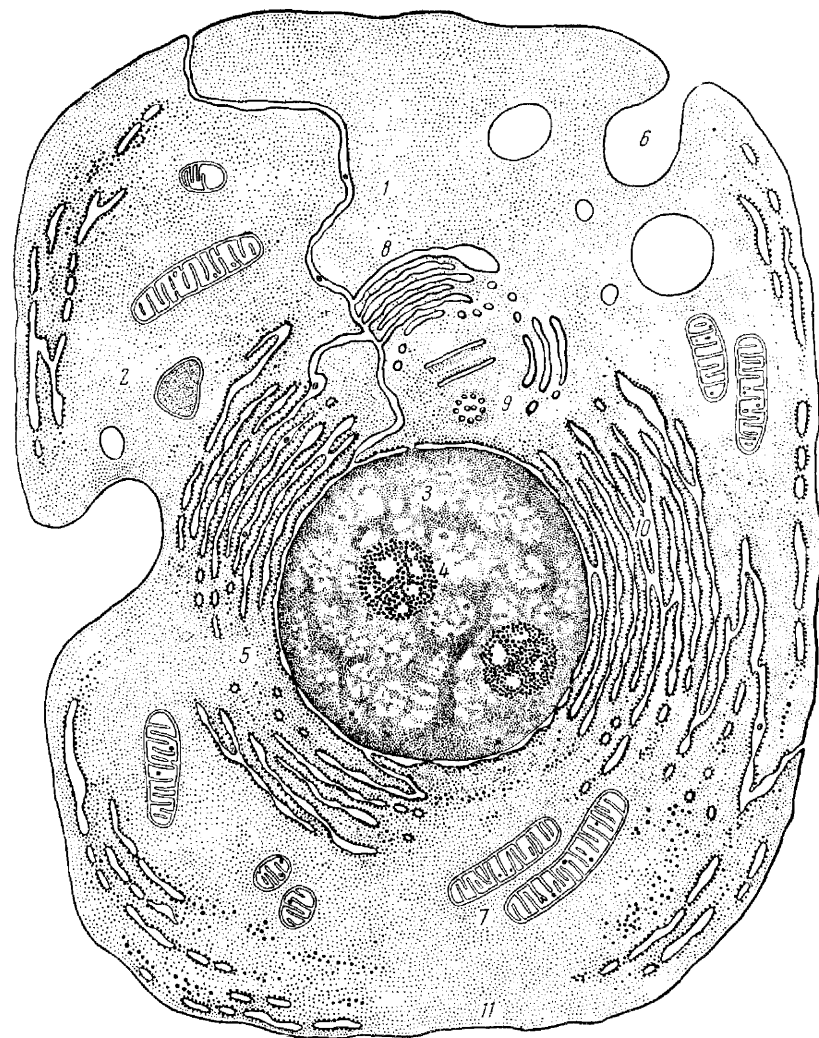
¹⁵ Труды 3-го Симпозиума V МБК. М., АН СССР, 1961.

Последующее развитие жизни

Параллельно с усовершенствованием обмена веществ совершалась и эволюция пространственной организации живых тел. Наиболее общим элементом структуры для всех без исключения современных организмов является липоидо-белковая мембрана, построенная по типу сэндвича, где липоидный слой заключен между двумя слоями белка. Такого рода мембраны можно наблюдать уже на поверхности искусственно получаемых комплексных коацерватов. Все это говорит за то, что липоидо-белковые мембраны являлись очень древними исходными структурами на пути возникновения жизни.

Мы можем обнаружить такие мембраны на поверхности как бактериальных тел, так и клеток высокоорганизованных существ. Но в последних кроме поверхностной мембраны присутствует целая система липопротеидных мембран, размещенных в основном веществе цитоплазмы, образующих здесь как бы тончайшее кружево. Это так называемый эндоплазматический ретикулум. Г. Палад¹⁶ считает, что его нужно рассматривать, как суперструктуру, возникшую только на сравнительно высоком уровне развития живых тел путем впячивания поверхностной мембраны.

Наряду с липоидо-белковыми мембранами, роль которых особенно велика в энергетическом обмене живых тел, на той стадии их развития, когда возникали нуклеиновые кислоты (в первую очередь рибонуклеиновая кислота — РНК), должно было происходить образование рибозом — цитоплазматических гранул, участвующих в синтезе специфических белков, в частности ферментов. Чем сложнее становился обмен, тем более совершенной пространственной организации он требовал для своего осуществления. Возникновение фотосинтеза осуществлялось на основе формирования специфических для этого процесса



Высокоразвитая клетка

- 1 — цитоплазма; 2 — лизозомы; 3 — ядерное вещество; 4 — ядерное образование; 5 — ядерная оболочка; 6 — клеточный пузырек; 7 — митохондрия; 8 — аппарат Гольджи; 9 — центрозома; 10 — эндоплазматический ретикулум; 11 — клеточная мембрана

¹⁶ G. Palade. Microsomal particulars protein Synthesis. Ed. Roberts Pergamon Press. London, 1958.

структур — хлоропластов. Хлоропласты являются сложными образованиями, состоящими из бесцветной стромы, в которой распределены содержащие в себе хлорофилл гранулы. Эти гранулы состоят из белковых пластинок, соединенных хлорофиллсодержащим липоидным слоем. Таким образом мы обнаружили ту же универсальную структуру типа «сендвича», что и в поверхностной мембране или в эндоплазматическом ретикулуле. Однако в хлоропластах эта структура превратилась уже в сложный, приспособленный для осуществления фотосинтеза агрегат.

Таковыми же сложными агрегатами являются и митохондрии, функция которых связана с дыханием. В их построении главную роль опять-таки играет липоидобелковая мембрана, образующая наружную поверхность оболочку митохондрии и систему внутренних перегородок. На этих структурных образованиях определенным образом смонтированы ферменты электронно-транспортной цепи и сопрягающие энергетические механизмы. Совершенно ясно, что такая сложная и совершенная структура могла возникнуть только в результате длительной эволюции на той высокой ступени биологического развития, когда возник сам процесс дыхания.

К сожалению, вопрос о формировании в процессе эволюции жизни важнейшей клеточной структуры — клеточного ядра, изучен еще очень слабо. Можно думать, что возникновение основного ядерного материала — дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) произошло уже на сравнительно высокой ступени развития живых тел. Только тогда, когда сложность организации живых тел очень сильно возросла и когда в связи с этим задача точного самовоспроизведения этой организации уже не могла удовлетворительно разрешаться только одним постоянством последовательности реакций, возникла необходимость образования нового механизма, обуславливающего известный консерватизм живой системы. Таким механизмом и явилась ДНК с присущей ей большой метаболической инертностью.

Бактериям и синезеленым водорослям также присуще ядерное вещество ДНК, но здесь оно в отличие

от высокоорганизованных клеток еще не сформировано в типичное ядро. Оно просто располагается в центре протопласта в виде сферических или скрученных образований. При делении клеток указанных организмов происходит простое разделение ядерного вещества на два дочерних фрагмента.

Роль ядерной структуры очень сильно возросла в связи с явлением копуляции клеток и в особенности с половым процессом. При возникновении полового процесса задача правильного распределения ядерного материала неизмеримо усложнилась. Это и привело к формированию новой, поразительной по своей тонкости и точности организации способного к митозу ядра. Конечно, это могло произойти только на очень высокой ступени эволюции.

Образование свойственной всем современным живым существам организации как в пространстве, так и во времени, формирование основ биологического обмена веществ и клеточной структуры может быть понято только путем изучения истории эволюции жизни и установления специфических для этой эволюции биологических закономерностей.

Для формирования указанных основ в процессе развития жизни потребовались многие и многие сотни миллионов лет, может быть, половина всего того времени, в течение которого жизнь существует на Земле. Поэтому попытки непосредственно искусственно воспроизвести, синтезировать хотя бы самое примитивное современное живое существо все еще выглядят сейчас весьма наивными. По-видимому, синтез жизни должен быть начат с тех же систем, которые являлись исходными для развития жизни у нас на Земле.

Из обмена веществ живых тел и свойственной им тончайшей структуры непосредственно вытекает ряд свойств, обязательных для любого известного нам сейчас живого существа, свойств, в своей совокупности качественно отличающих организмы от объектов неорганического мира. Это способность живых тел к активному, избирательному поглощению веществ из окружающей среды и к обратной экскреции продуктов обмена в эту среду, далее, это способность к росту, размножению, самовоспроизведению, перемещению в

пространстве и, наконец, это характерная для всего живого ответная реакция организмов на внешнее воздействие — их раздражимость.

Каждое из этих свойств в процессе дальнейшего развития организмов не только все более и более усложнялось, но и превращалось в качественно новые формы проявления жизни. Так как теперь эволюция жизни уже протекала не по единому руслу, а совершалась по многочисленным разветвляющимся путям, эти новые проявления оказались присущими не всему живому миру, а только той или иной его части. Однако мы не должны их игнорировать, если хотим получить действительно исчерпывающее представление о жизни.

Чем дальше шла эволюция живых существ, тем все более эти новые проявления жизни приобретали комплексный, биологически опосредствованный характер. Поэтому они не могут быть механически сведены к элементарным процессам неорганической природы, минуя эволюционный путь развития живой материи. Их правильное понимание достижимо только на этом пути, когда мы изучаем историю их возникновения из более примитивных форм биологической организации.

★

*Диалектический
материализм — единственно
правильный путь
познания жизни*

Жизнь — это качественно особая, отсутствующая у объектов неорганической природы форма движения материи. Она могла возникнуть лишь в процессе развития материи, как определенный новый этап этого развития. Поэтому живым существам присущи особые, специфически биологические свойства и

закономерности, не сводимые только к законам, царящим в неорганическом мире.

Главное в познании жизни заключается именно в установлении ее качественного отличия от других форм движения материи. Ф. Энгельс еще в конце прошлого века дал следующее определение жизни: «Жизнь есть способ существования белковых тел и этот способ существования заключается по своему существу в постоянном обновлении их химических составных частей путем питания и выделения»¹⁷.

Таким образом Ф. Энгельс охарактеризовал «белковые тела» как материальный субстрат жизни и обмен веществ, как их качественно особую форму существования. Конечно, мы не должны отождествлять «белковые тела» Энгельса с теми химически индивидуальными белками, которые мы научились сейчас изолировать из живых существ. Понятие «белковые тела» у Энгельса очень близко к понятию «протоплазма», которая согласно современным представлениям включает в себя не только белки, но и нуклеиновые кислоты, липоиды, сложные углеводороды и другие органические вещества. Исключительно важным является то, что только такого рода «тела» — многомолекулярные системы, включающие в себя высокополимерные органические соединения, могут обладать той формой движения, которая характерна для жизни — биологическим обменом веществ.

Сущность этого обмена состоит в том, что любое живое тело может существовать только в непрерывном специфическом взаимодействии с окружающей его внешней средой. В живом теле многие десятки, а может быть сотни тысяч отдельных реакций закономерно сочетаются между собой в сложную сетку превращения поступающих из внешней среды веществ и энергии. В этой сетке тесно связаны в единую систему как процессы синтеза, ассимиляции, в результате которых вещества внешней среды превращаются в белки и другие свойственные организмам соединения, так и процессы диссимиляции, в основном служащие источником необходимой для жизни энергии. В результате этого любое живое тело

¹⁷ Ф. Энгельс. Анти-Дюринг, 1957, стр. 322.

находится в непрерывном внутреннем движении, в состоянии непрерывного распада и синтеза. Оно до известной степени сохраняет постоянными свою форму и химический состав, все время изменяясь при этом материально.

Особенностью, качественно отличающей жизнь как высокую форму движения материи, является то, что в живых телах реакции, составляющие в своей совокупности обмен веществ, не только строго согласованы между собой в едином порядке самообновления, но и весь этот порядок закономерно направлен к постоянному самосохранению и самовоспроизведению всей живой системы в целом, исключительно совершенно приспособлен к решению задачи существования организма в данных условиях внешней среды. Такая форма движения появилась только тогда, когда возникла жизнь.

Все попытки познать жизнь метафизически, в отрыве от ее происхождения, являются тщетными. Действительное понимание сущности жизни возможно только в свете изучения ее возникновения и развития, как этому учил еще великий диалектик древней Греции — Гераклит.

Современные данные о возникновении жизни позволяют нам понять, как на нашей планете при ее последовательном развитии образовались необходимые для жизни органические вещества, как из них формировались индивидуальные «способные к взаимодействию с внешней средой системы» и как в процессе отбора этих систем сложился закономерный, свойственный лишь живым существам, порядок обмена веществ, из которого выводятся все прочие самые общие признаки жизни. Однако для исчерпывающего понимания жизни необходимо познание всего разнообразия ее признаков, начиная с тех наиболее элементарных из них, которыми были наделены первичные живые существа, и кончая самыми сложными проявлениями высшей нервной деятельности животных и человека, увенчавшими собой биологический этап развития материи.

Содержание

Диалектика жизни	3
От «замкнутой орбиты» до «ракеты времени»	9
Как человек стал летать дальше птицы, бегать быстрее лани, плавать лучше рыбы	10
Среди сотен идей и гипотез	12
От «века часов» к «веку кибернетики». Успехи и заблуждения	18
Как возникла жизнь	21
«Питательный бульон» жизни	25
Легенда о «живых молекулах»	27
На подступах к жизни	31
Рождение ферментов	34
Дорога к фотосинтезу	36
Последующее развитие жизни	38
Диалектический материализм — единственно правильный путь познания жизни	42

Александр Иванович Опарин

Жизнь как форма движения материи

Утверждено к печати
Редколлегией научно-популярной литературы
Академии наук СССР

Редактор издательства В. А. Исаев. Художник Л. С. Эрман
Технический редактор Г. С. Симкина
Корректор С. М. Кристьянпольер

РИСО АН СССР № 24—13В. Сдано в набор 18/VIII 1962 г.
Подписано к печати 1/XII 1962 г. Формат 84 × 108^{1/32}
Печ. л. 1,5, усл. печ. л. 2,46. Уч.-изд. л. 2,2 Тираж 50 000 экз.
Т-14711 Изд. № 1091. Тип. зак. № 1088

Цена 07 коп.

Издательство Академии наук СССР. Москва, Б-62, Подсосенский пер. 21
2-я тип. Издательства АН СССР. Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

КНИГИ
НАУЧНО-ПОПУЛЯРНОЙ СЕРИИ
на 1963 год

Адасинский С. А. **Транспортные машины на воздушной подушке.** Цена 24 коп.
 Андреев Б. В.—И. П. Павлов и религия. Цена 15 коп.
 Анисимов А. Ф. **По этапам развития первобытных верований.** Цена 30 коп.
 Арнольдов А. И., Конников И. И. **Наука в странах социализма.** Цена 24 коп.
 Беленький М. С. **Что такое Талмуд?** Цена 24 коп.
 Белоусов В. В. **Земля, ее строение и развитие.** Цена 21 коп.
 Бельчиков Н. Ф.—Н. Г. Чернышевский (71). Цена 30 коп.
 Беляев Е. А. **Происхождение и содержание Корана.** Цена 24 коп.
 Богданов Д. В. **География голубого континента.** Цена 15 коп.
 Васильева Н. П., Воробьева Т. М. **Бесконтактные элементы автоматики.** Цена 20 коп.
 Васильков В. П. **Съедобные и ядовитые грибы.** Цена 42 коп.
 Верещагин Л. Ф. **Высокие давления в технике.** Цена 21 коп.
Возможное и невозможное в кибернетике. Сборник статей. Цена 60 коп.
 Вольфович С. И., академик. **Новые минеральные удобрения.** Цена 21 коп.
 Гаркавенко Ф. И. **Психология и религия.** Цена 24 коп.
 Гейман Л. М., Сальцовский М. С. **В долинах золотого песка.** Цена 36 коп.
 Гейро Н. В. **Качественные и высококачественные стали.** Цена 30 коп.
 Гессен А. И. **Все волновало нежный ум...** Цена 36 коп.
 Губкин А. Н., Мацонашвили Б. Н. **Диэлектризм и волновой нагрев.** Цена 24 коп.
 Гуревич В. З. **Теплый свет.** Цена 21 коп.
 Давидович Д. С., Драбкин Я. С.—Эрнст Тельман. Цена 24 коп.
 Дадаян В. С. и др. **Мечта, расчет, хлеб.** Цена 21 коп.
 Даронян С. К.—Микаэл Налбандян. (Жизнь и творчество). Цена 30 коп.
 Дашченко А. И. **Электронные репортеры.** Цена 21 коп.
 Дворцов А.—Гегель. Цена 21 коп.
 Дерягин Б. В. и др. **У границы микромира.** Цена 27 коп.
 Добротин Н. А. **Космические лучи.** Цена 24 коп.
 Довгальук П. П. **Атеизм в украинской литературе.** Цена 36 коп.
 Збарский И. Б. **Биохимия клетки.** Цена 21 коп.
 Земская Е. А. **Как рождаются слова.** Цена 21 коп.

Иванов Р. Ф.—В. И. Ленин об американском империализме. Цена 15 коп.
 Иерусалимский Н. Д. **Микроорганизмы и продукты питания.** Цена 15 коп.
 Калашников Ю. С.—К. С. Станиславский (к 100-летию со дня рождения). Цена 24 коп.
 Карпинский А. П., академик. **Геологическое прошлое Европейской России.** Цена 30 коп.
 Качинский Н. А. **Почва, ее свойства и жизнь.** Цена 61 коп.
 Киренский А. В. **Магматизм.** Цена 27 коп.
 Князев Г. А., Кольцов А. В. **Краткая история Академии наук.** Цена 74 коп.
 Кретович В. Л. **Жизнь и биохимические процессы.** Цена 18 коп.
 Кубланов М. М. **Иисус Христос — бог, человек, миф?** Цена 27 коп.
 Кузнецов В. Г. **Беседы о теории относительности.** Цена 40 коп.
 Кулебакин В. С., академик, Нагорский В. Д. **Полупроводники в автоматике.** Цена 30 коп.
 Лаврецкий И. **Миссионеры переодевают «платье».**
 Ломакин В. В. **Байкал — загадка природы.** Цена 24 коп.
 Лопухов Б. Р.—Антонио Грамши. Цена 15 коп.
 Лотте С. А. **Вечный узник (Луи Огюст Бланки).** Цена 24 коп.
 Макухин В. Л. **Крах колониализма.** Цена 24 коп.
 Малышев С. И. **Насекомые-опылители.** Цена 12 коп.
 Мейсель М. Н. **Микроскопические исследования в биологии.** Цена 15 коп.
 Мишустин Е. Н., Трехсвятский Л. А. **Микробы и зерно.** Цена 36 коп.
 Мыльников А. С. **Ученый-славист Павел Шафрик.** Цена 18 коп.
 Неделин В. **Современная литература США.** Цена 24 коп.
 Нейман М. Б. **Продление жизни полимеров.** Цена 18 коп.
 Некрасов В. И., Емельянов Ю. М. **Разгадка тунгусской тайны.** Цена 24 коп.
 Ничипорович А. А. **Растение и солнечная энергия.** Цена 18 коп.
 Новиков М. И. **О счастье.** Цена 24 коп.
Новое в химической физике. Цена 1 р. 13 к.
 Обручев В. А. **Путешествие по Сибири.** Цена 1 р.
 Осповат Л. С. **Поэзия стран Латинской Америки.** Цена 21 коп.
 Парини В. П., Казакова З. С. **Палитра химии. (Синтетические красители).** Цена 15 коп.
 Пейве Я. В. **Микроэлементы в сельском хозяйстве.** Цена 24 коп.
 Петров В. П. **Космическая навигация.** Цена 27 коп.
 Померанцева М. П. **Народ — творец сказки.** Цена 24 коп.
 Рабинович М. Х. **Металлы перешагивают температурный порог.** Цена 24 коп.
 Райцес В. И.—Жанна Д'Арк и католическая церковь. Цена 18 коп.
 Рассказывают ученые-химики. Цена 70 коп.

Роде А. А. Водный режим и его регулирование. Цена 24 коп.
Санакоев Ш. П. Великое содружество свободных и суверенных народов. Цена 36 коп.
Скрябин Г. К. Антибиотики в сельском хозяйстве. Цена 24 коп.
Солодовников В. П. Сигналы из микромира. Цена 18 коп.
Стеклов В. Ю. Ленинский план электрификации в действии. Цена 30 коп.
Сушков Ю. Н. Кибернетика. Цена 24 коп.
Тимирязев К. А.— Чарльз Дарвин и его учение. Цена 1 р. 60 к.
Топчиев А. В., академик, Кренцель Б. А. Полиолефины — новые синтетические материалы. Цена 18 коп.
Трегубов А. Л.— Скиталец. (Жизнь и творчество). Цена 24 коп.
Федоров Е. К., академик. Наука обгоняет время. Цена 12 коп.
Филиппов М. М. Этюды прошлого. Цена 1 р. 50 к.
Церлинг В. В. Растения рассказывают о почве. Цена 15 коп.
Цицин Н. В. Новые культурные растения. Цена 24 коп.
Чалоян В. К. Армянский Ренессанс. Цена 24 коп.
Чертихин В. Е. Православие и действительность. Цена 24 коп.
Шафрановский И. И. Алмазы. Цена 24 коп.
Швецов П. Ф. Мерзлые слои земные. Цена 15 коп.
Шорм Франтишек. Белки — основа жизни. Цена 21 коп.
Ыйглане Х. Х. В мире больших скоростей. Цена 55 коп.

АКАДЕМИЯ НАУК
СССР



А.И.ОПАРИН

ЖИЗНЬ
КАК
ФОРМА
Движения
МАТЕРИИ