

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК**НОБЕЛЕВСКИЕ ЛЕКЦИИ ПО ФИЗИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ 1969 ГОДА**

53+57+58

ОБНОВЛЕННЫЙ ВЗГЛЯД ФИЗИКА НА БИОЛОГИЮ *)
(Двадцать лет спустя)*М. Дельбрюк*

С самого начала существования науки стали очевидны резкие различия в поведении живых и неживых объектов. Среди попыток выработать некое единое представление об окружающем нас мире можно выделить два направления. Одно из них состоит в использовании в качестве модельной системы живого организма. Это направление представлено Аристотелем. Для него, сына врача и внимательного наблюдателя разнообразных форм жизни, было очевидным, что все живые существа развиваются в соответствии с неким планом. Каждое животное, как и каждое растение, возникает определенным способом, проходит цикл развития, в котором реализуется предначертанный для него план, а затем наступает смерть и разрушение. Для Аристотеля эта очевидная особенность окружающего нас мира живых существ служит моделью, позволяющей понять наш (подлунный) мир. Астрономия является исключением и представляет систему контрастную, вечную, периодическую, в которой нет ни возникновения, ни распада.

После того как физика в современном смысле этого слова вступила в эпоху Возрождения, на первых порах казалось, что между живой и неживой частями Вселенной образовался некий своеобразный разрыв. Казалось, что живое обладает рядом присущих лишь ему одному свойств, которые невозможно свести к законам, действующим в мире физики и химии: «движение, порождаемое изнутри», «химия совершенно особого рода», «воспроизведение», «развитие», «сознание» — каждый из этих аспектов жизни делал ее все более и более чуждой и непонятной физике, и это отчуждение достигало такой степени, что многие физики еще и до сих пор считают биологию чем-то, лежащим вне их сферы.

Частичное разрушение этой странной границы между живым и неживым миром произошло после получения многочисленных доказательств того, что живые организмы отнюдь не неизменны, а произошли в результате

*) M. Delbrück, A Physicist's Renewed Look at Biology: Twenty Years Later, Science 168, 1312 (1970). Перевод Н. О. Фоминой, под редакцией М. В. Волькенштейна.

Автор — профессор биологии Калифорнийского технологического института (Пасадена, штат Калифорния). Эта статья — лекция, прочитанная им в Стокгольме (Швеция) 10 декабря 1969 г. после присуждения ему Нобелевской премии по физиологии и медицине, которую он разделил с д-ром Сальвадором Лурия и д-ром Альфредом Херши.

длительного процесса эволюции. Удалось построить родословное древо органического мира. Интерпретация эволюции как результата естественного отбора, особенно после того, как благодаря развитию генетики естественный отбор обрел более ясный смысл, означала единый взгляд на жизнь, однако связь жизни с неживой природой по-прежнему оставалась загадочной. Подходы, развитые в химии, и ее первые вторжения в биологию показали, что разрыв между неживой природой и миром живых существ может быть и не абсолютным.

Наше последнее чудо — молекулярная генетика — дала нам возможность проанализировать взаимосвязанность и единство всех ветвей древа жизни до таких осязаемых деталей, что мы теперь вправе сказать: «Загадка жизни разрешена». Идеи об информации, заключенной в хромосомах, о репликации этой информации и об ее запрограммированном считывании стали привычными и заняли прочное место в популярных журналах и школьных учебниках. Поразительная возможность действительно выявить и изучить физические и химические механизмы, лежащие в основе этих явлений, привлекла множество ученых, завладев всеми их помыслами. Я думаю, что нет необходимости вдаваться в историю этих открытий, поскольку она подробно изложена в книге «Фак и происхождение молекулярной биологии»¹, однако я позволю себе сделать одно исключение.

Это исключение вызвано тем, что один из разделов, написанный для упомянутой книги Н. В. Тимофеевым-Ресовским, по техническим причинам не был опубликован. Я искренне надеюсь, что в самом ближайшем будущем это удастся исправить. А сейчас мне хотелось бы очень коротко рассказать о сути дела. В 1932—1937 гг., когда я был ассистентом у проф. Лизе Мейтнер в Берлине, небольшая группа физиков-теоретиков проводила неофициальные семинары, которые вначале были посвящены теоретической физике, но вскоре обратились к биологии. В вопросах биологии нашим учителем был в основном генетик Тимофеев-Ресовский, который, вместе с физиком К. Г. Циммером, вел в то время наиболее интересные работы в области количественного исследования мутаций. За несколько лет до этого Дж. Мёллер открыл мутагенные свойства ионизирующей радиации, и работы берлинской группы ясно показали, что радиационные мутации возникают под действием либо отдельных пар ионов, либо небольших скоплений ионов. Обсуждение этих работ на нашем маленьком семинаре укрепило представления о том, что гены обладают некой стабильностью, сходной со стабильностью химических молекул. С высоты наших теперешних знаний подобное утверждение выглядит тривиальным: а чем же еще могут быть гены, как не молекулами? Однако в середине 30-х годов это утверждение отнюдь не было тривиальным. Гены того времени представляли собой алгебраические единицы, которыми оперировала генетика в своих комбинаторных построениях, и вряд ли могло придти в голову, что на самом деле это молекулы, которые можно изучать методами структурной химии. Они могли оказаться субмикроскопическими стационарными системами или же чем-то, неподдающимся анализу в рамках химических представлений. Последнюю идею впервые высказал Бор², а я рассматривал ее в одной из своих лекций 20 лет назад (см. ¹). Правда, наши надежды постигнуть химическую природу гена с помощью радиационной генетики так и не сбылись. Радиационная генетика осталась в стороне от того пути, который привел к успеху. Тем не менее на протяжении всего этого времени, а сейчас — больше, чем когда-либо, радиационная генетика была и остается чрезвычайно важной областью. Как это ни печально, важность этой области науки в наши дни в значительной мере связана с угрозой термоядерной войны, влекущей за собой массовое облучение людей.

Чтобы дать наглядное представление о состоянии наших знаний в то время, я прилагаю к этой лекции заметку на тему «Загадка жизни», написанную с целью внести некоторую ясность в мои собственные представления осенью 1937 г. перед самым моим отъездом из Германии в Соединенные Штаты. Я нашел эту заметку несколько лет назад, когда разбирал свои бумаги. Она, по-видимому, содержит краткое резюме всех соображений, высказанных на небольшом заседании, организованном Нильсом Бором в Копенгагене, куда Тимофеев-Ресовский, Дж. Мёллер и я приехали из Берлина. Большое влияние на все то, что обсуждалось на этом заседании, оказала работа У. М. Стэнли, в которой сообщалось о получении в кристаллическом виде вируса табачной мозаики³.

НЕЙРОБИОЛОГИЯ

Молекулярная генетика указала нам, каким образом можно примирить характерные черты живого — зарождение, развитие в соответствии с определенным планом и распад — с явно противоположными чертами физического мира — стабильностью и отсутствием предначертанного плана. Однако она не разрешила наших сомнений относительно того, как выразить на языке молекулярной биологии такие понятия, как «сознание», «разум», «знание», «логическое мышление», «истина»; а между тем все эти понятия также составляют элементы нашего «мира».

Что такое язык? Каким образом ребенок начинает ассоциировать слово с определенным значением? Способность создавать абстракции безусловно присуща нашему мозгу, этой чудеснейшей из всех вычислительных машин. Изучение интегративной деятельности мозга, изучение развития в процессе роста животного нервных сетей, их функций и потенциальных возможностей — всем этим предстоит заниматься нейробиологии следующего десятилетия, и все эти проблемы кажутся весьма увлекательными как многим из моих коллег, так и многим молодым ученым, только что вышедшим из стен университетов.

ФИЗИОЛОГИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Я хочу сделать две оговорки относительно нейробиологии. Первая состоит в том, что мы еще не готовы к решительному наступлению в этой области науки. Я убежден, что мы сильно недооцениваем важность всего того, чего мы еще не знаем и не понимаем относительно биологии клетки и взаимодействия между клетками. Вовсе недостаточно знать, что нервное волокно обладает проводимостью, что синапсы бывают возбуждающими и тормозными, что механизм передачи нервного импульса в синапсах имеет химическую или электрическую природу, что входные сенсорные сигналы могут быть преобразованы, что они вызывают последовательность пиковых потенциалов, которые служат мерой интенсивности стимулов или скорости изменения этих интенсивностей, что существуют самые разнообразные виды аккомодации и т. д. Я считаю, что нам необходимы гораздо более глубокие и подробные сведения об этих системах, реагирующих на раздражение, о том, является ли это раздражение внешним или представляет собой пресинаптический сигнал.

В недрах физиологии органов чувств в широком смысле слова таится, правда, еще в совершенно зачаточном состоянии, важнейшая наука — физиология преобразователей, наука о превращении сигнала, поступающего извне, в первый «интересный» выходной сигнал. Я умышленно пользуюсь словом «интересный», потому что я не хочу включать в область исследования, границы которой я собираюсь здесь обрисовать, например,

первичные фотохимические реакции зрительной системы. Я считаю первичные фотохимические процессы «неинтересными», так как они связаны с преобразованием светового раздражения в то, что можно было бы назвать обонятельным раздражением. Для того чтобы квант света мог играть роль эффективного сенсорного раздражителя, он, конечно, должен прежде всего создать в клетке первичный фотопродукт, который и поведет дело дальше. Исключая фотохимию зрительного процесса из физиологии преобразователей в узком смысле слова, я тем самым исключаю из рассмотрения превосходную работу по фотохимии родопсина, за которую Джордж Уолд получил два года назад Нобелевскую премию. Собственно физиология преобразователей начинается после этого первого шага, на котором мы имеем дело с такими устройствами в клетке, которые в смысле чувствительности, адаптивности и миниатюризации далеко превосходят все то, что до сих пор удалось создать физикам. Какой биологический объект окажется наиболее подходящим для того, чтобы дать нам возможность проникнуть в глубины этой области? На протяжении нескольких лет я изучал спорангиеносец — орган бесполого размножения гриба *Phycomyces*, веря в то, что в физиологии преобразователей, как и в генетике, для существенного прогресса необходимо найти подходящий микроорганизм. Я не стану подробно излагать здесь эти работы, так как недавно все участники группы, проводившей исследования, опубликовали критический обзор на эту тему⁴. Достаточно сказать, что спорангиеносец этого гриба обладает исключительной чувствительностью к свету, к действию силы тяжести, к растяжению и к некоему раздражителю, который мы считаем обонятельным. Другие ученые продемонстрировали удобство работы с иными системами: хемотаксис бактерий⁵, обоняние насекомых⁶, механорецепция двигательных ресничек⁷. Можно надеяться, что каждая из этих систем, так же как и двуслойные липидные системы, на которых можно изучать большую часть удивительных свойств живых мембран⁸, будет способствовать тем великим открытиям в физиологии клетки, которые, по моему убеждению, должны предшествовать действительно успешному продвижению в нейробиологии.

ТЕЛО И ДУША

Моя вторая оговорка относительно надежд, возлагаемых на нейробиологию, тревожит меня больше, но при этом она и более туманна. С упоением погружаясь в нейробиологию, мы совершенно упускаем из виду одно существенное обстоятельство — априорность концепции истины. Не вызывает сомнений возможность создания такой вычислительной машины, которая, оперируя заданным набором аксиом и формализованных логических правил, будет получать любое количество «доказанных декларативных утверждений». Мы можем называть эти утверждения истинными, если мы верим в правильность аксиом и правил логики, и у нас может возникнуть искушение рассматривать логическую сумму доказуемых утверждений как машинное определение истины. Однако наши друзья специалисты-логики давно уже разъяснили нам, что в любом языке, за исключением самых простейших, следует различать «предметный язык» и «метаязык». Слово «истина», а тем самым и всякие рассуждения об истине должны быть исключены из предметного языка, если мы хотим избежать антиномий. Из этого следует неожиданный вывод о непрременном существовании утверждений, которые истинны, но недоказуемы⁹. Итак, понятие истины, для того чтобы оно было вообще осмысленным, должно отличаться от системы доказуемых утверждений и предшествовать ей, и, следовательно, отличаться от вычислительной машины, которую следует рассматри-

вать как воплощение системы доказуемых утверждений, и предшествовать такой машине.

Таким образом, если даже мы научимся говорить о сознании как о свойстве нервных сетей, даже если мы научимся понимать процессы, лежащие в основе абстрактного мышления и языка, нам в любом случае необходимо сначала иметь некое понятие об истине, которое должно предшествовать всему этому и которое нельзя рассматривать как какое-то присущее им свойство, возникшее в процессе биологической эволюции. Наша уверенность в истинности утверждения «число простых чисел бесконечно» должно быть независимым от нервных сетей и от эволюции, если мы хотим чтобы слово истина вообще что-то значило.

ХУДОЖНИК И УЧЕНЫЙ

Двадцать лет назад *) Коннектикутская Академия искусств и наук пригласила на свое юбилейное заседание поэта, композитора и двух ученых — «творить» и «исполнять». Это был великолепный вечер. Хиндемит дирижировал оркестром, исполнившим его пьесу для трубы и ударных инструментов; Уоллес Стивенс прочитал цикл стихов под названием «Вечер в Нью-Хейвене»; они доставили большое удовольствие всем и, вероятно, ученым в особенности. Однако выступления ученых привлекли внимание только ученых. Я думаю, что такое отсутствие взаимности вполне естественно, хотя организаторы заседания вовсе не рассчитывали на это. Ученым редко предлагают выступить вместе с литераторами или деятелями искусства и помериться с ними творческими возможностями. Такое сравнение может вызвать у ученого чувство унижения. Его работа по самым своим условиям никак не может принести радость слушателю. Конечно, когда он разрабатывает план своих экспериментов или проводит их, он может говорить себе: «Вот мое сочинение; кларнетом служит мне пипетка». А в его оркестр могут входить изысканные инструменты. Для всех других людей, однако, эта музыка столь же беззвучна, как «гармония сфер». Он может говорить себе: «Мой рассказ принадлежит вечности; это не «шлягер», который можно прослушать и забыть»; однако обманывает он при этом только самого себя. Книжки великих ученых покрываются пылью на полках научных библиотек. И это неудивительно. Ученый обращается к чрезвычайно узкой аудитории своих коллег. Его сообщение не лишено универсальности, но эта универсальность бестелесна и анонимна. Художественное произведение навсегда связано с той формой, в которой оно создано первоначально, тогда как труд ученого подвергается изменениям, дополнениям, сливается с мыслями и результатами других ученых и растворяется в потоке знаний и идей, образующих нашу культуру. Общее между ученым и художником только одно — то, что и тот, и другой не могут найти лучшее прибежище от мирской суеты, чем работа, которая вместе с тем и есть самое прочное звено, связывающее их с миром.

Церемония вручения Нобелевских премий очень похожа на заседание, о котором я рассказал выше. Здесь также ученые встречаются с писателями. И снова ученый, мысленно окинув взглядом свою жизнь, видит лишь крохотную аудиторию, которой он излагал результаты своих исследований, тогда как писатель, в данном случае — Сэмюэль Беккет, оказывал глубочайшее влияние на людей самых различных слоев общества. Когда же ученый и писатель начинают говорить о своей работе, происходит неожиданная инверсия. Если ученые воодушевлены возможностью говорить о себе и о своей работе до такой степени, что это граничит с бол-

*) Эта часть лекции была прочитана на шведском языке. (Ред.)

тливостью, то Сэмюэль Беккет, с достаточными основаниями, считает необходимым хранить полное молчание о себе, своей работе и своих критиках. Известие о присуждении ему Нобелевской премии доставило мне больше радости, чем присуждение этой премии мне самому; и едва узнав об этом, я стал заранее предвкушать удовольствие, которое надеялся испытать, слушая его лекцию; однако теперь я понимаю, что он действует по правилам, изложенным старым колдуном в конце кукольной комедии под названием «Месть истины»¹⁰:

«Истина, дети мои, состоит в том, что все мы участвуем в некой кукольной комедии. А самое главное в кукольной комедии — донести идеи автора без искажения. Это приносит подлинное счастье, и теперь, когда я наконец стал участником марионеточного представления, я ни за что не выйду из этой игры. Но вы, братья-актеры, берегите идеи автора. Так доводите же их до предельной ясности!»

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Phage and the Origins of Molecular Biology (J. Cairns, G. S. Stent, J. D. Watson, Eds.), Cold Spring Harbor Laboratory of Quantitative Biology, Cold Spring Harbor, N. Y., 1966.
2. N. Bohr, Nature 131, 421, 457 (1933); Naturwiss. 21, 245 (1933); 50, 725 (1965).
3. W. M. Stanley, Science 81, 644 (1935).
4. K. Bergman, P. V. Burke, E. Cerdá-Olmedo, C. N. David, M. Delbrück, K. W. Foster, E. W. Goodell, M. Heisenberg, G. Meissner, M. Zalokar, D. S. Dennison, W. Shropshire, Jr., Bacteriol. Res. 33, 99 (1969).
5. J. Adler, Science 166, 1588 (1969).
6. K. E. Kaissling, E. Priesner, Naturwiss. 57, 23 (1970).
7. U. Thurm, в сборнике «Invertebrate Receptors» (J. D. Carthy and G. E. Newell, Eds.), Academic Press, N. Y., 1968, p. 199.
8. M. Delbrück, The Neurosciences. Second Study Program (F. O. Schmitt, Ed.) Rockefeller Univ. Press, N. Y., 1970.
9. A. Tarski, Sci. Amer. 220, 63 (1969).
10. Isak Dinesen, The Roads Round Pisa, в книге Seven Gothic Tales, Modern Library, Alfred Knopf, N. Y., 1934.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАБРОСОК НА ТЕМУ «ЗАГАДКА ЖИЗНИ» (Берлин, август 1937 г.)

Нас интересует вопрос о том, в какой мере последние результаты изучения вирусов могут способствовать познанию явлений, характерных для живого.

Как неизменно показывают все последние данные, при воздействии на препараты вирусных частиц, принадлежащих к одному виду, различными физическими или химическими методами (при условии, что эти методы достаточно щадящие и не затрагивают специфичности инфекционных свойств вируса) частицы ведут себя удивительно сходным образом. Они мигрируют с одинаковой скоростью в аппарате для электрофореза. Они одинаково кристаллизуются из растворов, так что их специфичные инфекционные свойства не изменяются при перекристаллизации, даже в случае чрезвычайно фракционированной перекристаллизации. При анализе состава вирусных частиц получаются воспроизводимые результаты, сходные с теми, которых можно ожидать для белков, с той разницей, что содержание в них фосфора и серы необычайно мало.

Эти данные заставляют нас сделать вывод, что химический состав вирусных частиц определен столь же строго, как и химический состав больших молекул органических соединений. Правда, в случае органических молекул мы также не можем говорить об уникальных пространственных конфигурациях, поскольку большинство имеющихся в них химических связей допускает свободное вращение вокруг связей. Мы даже не можем твердо решить, какие атомы входят в состав данной молекулы, а какие не входят, так как степень гидратации и степень диссоциации зависят не только от внешних условий и даже, если эти условия неизменны, флуктуируют случайным образом от одной молекулы к другой. Тем не менее не вызывает сомнений, что такие большие молекулы можно рассматривать как законное обобщение стандартного представления о химической молекуле. Сходство между вирусной частицей и молекулой особенно наглядно проявляется в том, что вирусные кристаллы могут храниться неограниченно долго, не утрачивая при этом ни своих физико-химических свойств, ни своей инфекционности.

Поэтому мы будем рассматривать вирусные частицы как молекулы.

Обратившись к тому свойству вируса, который характеризует его как живой организм, а именно — к его способности размножаться в клетках живых растений, мы прежде всего должны задать себе вопрос: осуществляется ли процесс размножения хозяином как живым организмом или же хозяин лишь служит для вируса защитой и источником пищи, поставляя ему подходящие питательные вещества в подходящих физических и химических условиях? Другими словами, мы спрашиваем, следует ли рассматривать введение вируса в организм хозяина как некий стимул, изменяющий метаболизм этого хозяина таким образом, что он начинает синтезировать чуждый ему вирусный белок вместо своего обычного белка, или же репликация вирусных частиц представляет собой совершенно самостоятельное проявление жизнедеятельности вируса, а организм хозяина служит лишь питательной средой, которую можно было бы заменить подходящей синтетической средой.

Мне кажется, что по зрелом размышлении первую возможность следует совершенно отбросить. Если мы примем во внимание, что репликация вирусных частиц требует точного синтеза необычайно сложной молекулы, совершенно незнакомой организму-хозяину, пусть не по общему типу, но по всем деталям своей структуры, а следовательно, и по необходимым для ее синтеза этапам, и если мы, кроме того, представим себе, каких огромных усилий стоит организму упорядоченное осуществление даже самых несложных процессов окисления или синтеза во всех тех случаях, которые не связаны с копированием некой определенной структуры, — не говоря уже о серологии, составляющей совершенно особую проблему, — то допущение, что ферментная система хозяина подвергается таким глубоким изменениям в результате введения вируса, становится совершенно невероятным. Не вызывает никаких сомнений, что в репликации любого вируса должна принимать самое непосредственное участие исходная структура и что эта репликация возможна даже в отсутствие каких-либо ферментов, вырабатываемых специально для этой цели.

Поэтому мы будем рассматривать репликацию вирусных частиц как некую самостоятельную деятельность вируса и будем обсуждать ее в общем виде, пренебрегая существованием хозяина.

Следующий вопрос, на который мы должны ответить, состоит в том, надо ли считать репликацию вируса примером репликации в ее наиболее чистом виде, или же, с точки зрения генетики, это сложный процесс. Здесь необходимо прежде всего сказать, что у высокоорганизованных животных и растений, размножающихся половым путем, репликация — безу-

словно процесс весьма сложный. Это детальнейшим образом показала генетика, основываясь на законах Менделя и на данных современной цитологии; процесс репликации и не может быть иным, если он призван обеспечить хоть какую-то упорядоченность в бесконечном разнообразных деталях наследственности. В частности, глубокий цитологический анализ мейоза (редукционного деления) показал, что он представляет собой специализированный вариант более простого митотического деления. Нетрудно показать, что телеологический смысл этой специализации состоит в том, что она дает возможность испытывать новые наследственные факторы в вечно новых сочетаниях с имевшимися ранее генами и таким путем в огромной степени увеличивает разнообразие генотипов в каждый данный момент, хотя частота мутаций и низка.

Однако даже самое простое митотическое деление клеток нельзя рассматривать как «чистый» пример репликации. Занявшись изучением деления соматических клеток у различных высокоорганизованных животных и растений, мы обнаружим, что этот первоначально простой процесс модифицировался у них самыми различными способами, с тем чтобы приспособиться к разнообразным формам и функциям клеток; таким образом, нельзя говорить о некоей общей единой репликации. Способность к дифференцировке — чрезвычайно важный шаг при переходе от простейших к многоклеточным организмам, однако возможно, что это — естественное продолжение общей способности всех простейших приспосабливаться к окружающей среде и изменяться фенотипически без соответствующих генотипических изменений. Учитывая эту фенотипическую изменчивость, мы, в случае такой одноклеточной водоросли, как *Chlorella*, можем говорить о простой репликации лишь до тех пор, пока физические условия среды остаются постоянными. Если же эти условия непостоянны, то, строго говоря, мы можем говорить лишь о репликации геномов, заключенных в специфическую протоплазму, которая получает более или менее достаточное количество нужных ей питательных веществ и находится в более или менее подходящих условиях; в крайних случаях возможна репликация геномов и не сопровождающаяся клеточным делением.

Далее, не вызывает сомнений, что репликация генома представляет собой в свою очередь весьма сложный процесс, который может нарушаться в деталях, но так, что при этом не затрагивается репликация отдельных участков хромосом или генов. Самое важное звено клеточной репликации — это безусловно координация репликации всего набора генов с делением клетки. Столь же несомненно, что эта координация — явление отнюдь не примитивное. По всей вероятности, оно требует, чтобы простая система репликации была модифицирована тем особым образом, при котором обеспечивается постоянное снабжение необходимыми ей питательными веществами. Эта модификация кладет начало цепи событий, которую до сих пор было принято называть жизнью.

В свете всего того, что было сказано, мы хотим рассматривать репликацию вирусов как некую частную форму примитивной репликации генов, обособление которой от питания, доставляемого клеткой-хозяином, в принципе возможно. В этом смысле репликацию следует рассматривать не как дополнение к атомной физике, а как некий хитроумный фокус органической химии.

Подобная точка зрения значительно упрощает вопрос о происхождении множества в высшей степени сложных и специфичных молекул, которые в различных количествах содержатся в каждом организме и которые необходимы для осуществления его самых элементарных метаболических процессов. Можно предполагать, что и сами эти молекулы способны к автономной репликации и что их репликация лишь в слабой степени связана

с репликацией всей клетки. Совершенно ясно, что эта точка зрения, в сочетании с обычными доводами, используемыми теорией естественного отбора, позволит нам понять то огромное разнообразие и сложность этих молекул, которые с чисто химической точки зрения представляются чрезмерными.

НЕСКОЛЬКО СЛОВ О ЛЕКЦИИ ДЕЛЬБРЮКА

Сказанное Дельбрюком заслуживает самого серьезного внимания по ряду причин. Дельбрюк подводит общий итог своей деятельности в смысле развития научных идей как раз за тот период времени, в котором определилось объединение физики с биологией и возникла молекулярная биология. Дельбрюк был одним из первых физиков, вошедших в биологию и в дальнейшем занявшимся ею профессионально. Поэтому он лучше многих других понимает современное соотношение физики и биологии. Сложилось так, что деятельность Дельбрюка оказалась важным звеном в цепи работ, приведших к раскрытию в передаче роли ДНК наследственности, а затем к решению проблемы генетического кода. В начале этой цепи мы встречаем имена советских биологов. Н. К. Кольцов первый предположил существование матричного синтеза белка, запрограммированного генетически. Дельбрюк — ученик ученика Кольцова — Н. В. Тимофеева-Ресовского. В свою очередь Дельбрюк — учитель Уотсона, вместе с Криком открывшего двуспиральное строение ДНК. Это открытие легло в основу молекулярной биологии.

Речь Дельбрюка отражает современные представления о соотношении физики и биологии, выработанные и выстраданные в результате напряженной работы многих талантливых ученых за последние десятилетия. Витализму нет места в круге этих представлений. Дельбрюк руководствуется реальными возможностями познания физической сущности жизненных явлений и с тем большим основанием указывает трудности, которые еще предстоит преодолеть при решении сложнейших проблем нейробиологии.

Дельбрюк упоминает работы Бора, трактовавшие соотношение физики и биологии в духе принципа дополнительности. В своих ранних статьях и речах Бор считал дополнительными физико-химическую, атомистическую трактовку явлений жизни и рассмотрение организма как целостной системы (см. Н. Бор, Атомная физика и человеческое познание, М., ИЛ, 1961). Однако в последней статье Бора, посвященной этому вопросу и написанной незадолго до смерти, речь идет уже не о принципиальной, но о практической дополнительности, определяемой сложностью живой системы, познаваемой на физико-химической основе (см. УФН 76(1), 21 (1962)).

Вопросы, затронутые Дельбрюком в приложении, написанном в 1937 г., сейчас решены молекулярной биологией при активном участии самого Дельбрюка. Установлено, в частности, что нельзя пренебрегать клеткой-хозяином при рассмотрении репликации вируса. В этом процессе используются вещества и механизмы клетки, но его результатом является умножение вирусных частиц. Репликация никогда не бывает «простой», она требует участия ферментов, активированных мономеров, образующих новые биополимерные цепи, определенной концентрации солей и т. д.

Дельбрюк затрагивает в своей речи и другие проблемы, имеющие не столько естественнонаучное, сколько философское значение, — проблему истины, проблему соотношения науки и искусства. Конечно, невозможно обсудить и тем более решить эти проблемы в нескольких десятках строк. То, что об этом говорит Дельбрюк, на мой взгляд, весьма спорно. Рассуждения на эти темы вряд ли могут быть сегодня аргументированы естествоиспытателем с достаточной убедительностью.

Однако основное содержание речи Дельбрюка, физика, ставшего одним из создателей современной биологии, — представляет большой интерес для читателей «Успехов физических наук».

М. В. Волькенштейн