

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р



РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

*Л. Я. Бляхер, А. Т. Григорьян, Б. М. Кедров, Б. Г. Кузнецов,
В. И. Кузнецов, А. И. Купцов, Б. В. Левшин, С. Р. Микулинский,
Д. В. Ознобишин, Э. К. Соколовская (ученый секретарь),
В. Н. Сокольский, Ю. И. Соловьев,
А. С. Федоров (зам. председателя),
И. А. Федосеев, Н. А. Фигуровский (зам. председателя),
А. А. Чеканов, С. В. Шухардин, А. П. Юшкевич,
А. Л. Янин (председатель), М. Г. Ярошевский*

Г. Э. Фельдман

**Джон Бэрдон Сандерсон
ХОЛДЕЙН**

1892—1964



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА

1976

Дж. Б. С. Холдейн — крупный английский естествоиспытатель и прогрессивный общественный деятель — оставил заметный след во многих областях знаний. Он известен как математик и биохимик, философ и изобретатель, социолог и генетик, политический деятель и популяризатор науки.

В книге описывается жизненный путь Холдейна, проводится обзор его многоплановых научных исследований, в «Приложении» дается несколько его научно-популярных очерков, а также подробная библиография его работ.

Ответственные редакторы

Л. Я. БЛЯХЕР, В. А. ЭНГЕЛЬГАРДТ

Предисловие редактора

Научный, общественный и личный облик Джона Б. С. Холдейна неизменно привлекал мое внимание на протяжении 50 лет.

Становление его как ученого связано с революцией в естествознании на рубеже XIX и XX вв., с ломкой старых представлений в биологическом мировоззрении, когда новые открытия привели к пересмотру устоявшихся взглядов на науку.

Сфера научной деятельности Дж. Холдейна выходит за пределы отдельных, обособленных областей знаний. Его заслуги перед современным естествознанием, в частности биологией, весьма значительны. С его именем связано зарождение и развитие таких молодых ветвей науки о живой материи, как популяционная генетика, генетика человека, математическая и биохимическая генетика, молекулярная биология, энзимология, т. е. дисциплин на стыке двух-трех смежных наук, требующих применения математического аппарата.

Несмотря на пестроту своих интересов в самых, казалось бы, оторванных друг от друга областях естествознания, вся кипучая разноплановая деятельность Холдейна — ученого и организатора науки — была неизменно нацелена на поиск оптимального синтеза двух доминирующих тенденций в современной науке — дифференциации и интеграции. Он всегда придавал важнейшее значение вопросу о разработке конкретных путей для правомочного сведения сложнейших явлений жизни к элементарным понятиям физики и химии в свете современного математического мышления.

Совершенно очевидно, что создать портрет человека с таким ярко выраженным социальным темпераментом, такой незаурядной личности, как Дж. Б. С. Холдейн, — задача весьма трудная и ответственная. Автор подробно освещает жизненный путь ученого-марксиста, трибуна прогрессивных сил Запада, друга советской науки, мужественного борца против фашизма, реакции и мракобесия. Ему удалось собрать и систематизировать материалы о Холдейне-ученом, неизвестные даже специалистам. Привлечение же воспоминаний учеников, родных и соратников Дж. Холдейна по науке и общественно-политической деятельности способствует тому, что образ Холдейна-ученого и Холдейна-человека воспринимается в органическом единстве.

Сложна и интересна жизнь Дж. Холдейна, словно вместившая несколько жизней. Автор правильно сделал, сосредоточив внимание читателя на узловых проблемах научного творчества ученого.

С большой убедительностью показана гуманность подвига Дж. Холдейна, который провел много часов в барокамере в условиях «на грани жизни и смерти». В главе о математических работах удачно раскрыта особенность творческой природы ученого, его математическое видение явлений в природе и обществе.

В отечественной и мировой литературе еще не было работы, освещающей многогранную деятельность Дж. Холдейна — классика современного естествознания.

Я всячески приветствую появление монографии о Дж. Холдейне, раскрывающей прямогу и цельность его природы, отвращение к малейшим проявлениям фальши и аффектации, принципиальность и бескорыстие. Советскому читателю, особенно молодому, независимо от профессии и личных склонностей, будет интересно и полезно ознакомиться с жизнью и деятельностью этого самобытного человека науки, ученого-героя.

Академик *В. А. Энгельгардт*

Предисловие автора

Широкой научной общественности нашей страны имя Холдейна известно лишь из немногих публикаций и отдельных ссылок на него. Биологи в основном знакомы с работами Дж. Холдейна¹ по переводам двух его монографий: «Энзимы» (1934) и «Факторы эволюции» (1935) и статьи «Возникновение жизни» (1928). Менее известны его многочисленные исследования более специального характера, публиковавшиеся в зарубежных научных периодических изданиях.

Научные и общественные заслуги Джона Б. С. Холдейна еще при его жизни получили высокую оценку как на родине ученого, так и за ее пределами. В 1932 г. он был избран членом Лондонского королевского общества; в 1937 г. удостоен звания почетного члена Академии наук Франции, кавалера ордена Почетного легиона; в 1942 г. избран иностранным членом Академии наук СССР. В последующие годы он избирается иностранным членом Королевской академии наук Дании, Академии наук им. Гумбольдта (ГДР), Национальной академии США, а также почетным доктором наук университетов Гронингена, Парижа, Эдинбурга и Оксфорда. В 1961 г. Академия наук Италии удостоила его Международной премии Фелтринелли за блестящие исследования, способствовавшие развитию всего комплекса биологических наук. В том же году Национальная академия США отметила его заслуги в области генетики, наградив его медалью

¹ Его имя упоминается в советской научной литературе, начиная с 1920 г., и транскрибируется по-разному: Голден, Галден, Гольден, Холден, Холдэн, Холдэйн, Холдейн. В настоящей работе принята транскрипция последнего времени.

Кимбера. Он был также награжден Оксфордским университетом памятным призом Уэлдена за достижения в области физиологии, Линнеевским обществом — медалью Дарвина—Уоллеса за серьезный вклад в развитие теории эволюции, Антропологическим институтом Лондонского королевского общества — медалью Т. Гексли. Это не удивительно, поскольку Холдейн оказал существенное влияние на развитие всей современной биологии — и в первую очередь генетики, биохимии, проблемы происхождения жизни, физиологии, биометрии. Он был одним из выдающихся представителей теоретической и экспериментальной биологии первой половины XX в. Его перу принадлежат более 500 научных статей и 23 книги.

После кончины ученого в декабре 1964 г. вышло несколько книг, посвященных его жизни и деятельности: 1) Сборник-мемориал, подготовленный индийскими коллегами Холдейна с участием западноевропейских и американских биологов (1965); 2) Краткий научно-биографический очерк с обстоятельной библиографией его работ (1966); 3) Сборник «Джон Б. С. Холдейн и современная биология» (1968); 4) Материалы сессии памяти Холдейна — в трудах XII Международного конгресса генетиков в Токио (1968); 5) «Жизнь и деятельность Дж. Б. С. Холдейна» (1968), написанная английским писателем Рональдом Кларком, автором ряда научно-художественных биографий. Получив доступ к архивным материалам ученого, Кларк привел много новых интересных фактов из жизни Холдейна, но, к сожалению, не осветил всего научного наследия ученого.

Многосторонность научного творчества Холдейна, его энциклопедическая осведомленность в самых разнообразных областях знания создают для биографа большие трудности. Этим и объясняется, вероятно, отсутствие до настоящего времени работы, в которой было бы подвергнуто анализу научное творчество ученого и оценен его вклад в современное естествознание, в особенности в биологическую науку.

На основании изучения научного, публицистического, а также доступного эпистолярного наследия Дж. Б. С. Холдейна автор попытался возможно шире и полнее представить мир научных и общественных интересов этой самобытной личности, замечательного ученого и борца.

Жизненный путь

Семья. Детство. Годы учения

Джон Бэрдон Сандерсон Холдейн происходил из старинного шотландского рода, давшего стране и миру немало выдающихся деятелей науки, культуры, политики, военного искусства. Одной из главных черт в характере Холдейнов была, пожалуй, воинственность. На протяжении пяти веков — с 1250 по 1750 г. — многие представители этого рода, обитавшие в замке на границе между горными и равнинными районами Шотландии, сдерживали набеги горцев, покушавшихся на стада жителей долин. Участвовали Холдейны и в войнах, которые вела Шотландия с Англией. При случае Холдейн с неизменной гордостью рассказывал о представителях своего древнего рода: «В 1620 г. мой прямой предок по мужской линии Джон Холдейн и его брат Джеймс воевали за Объединенные Нидерланды. В летописях записано, что Джеймс погиб в 1629 г. и принц Оранский объявил траур в связи с его гибелью. Джон вернулся на родину и был назначен представителем Шотландии при армии Кромвеля в период гражданской войны»¹. Эта «потомственная воинственность» в дальнейшем много раз проявится в характере Холдейна — ученого и общественного деятеля, солдата и публициста.

По свидетельству Холдейна, его отец относился к категории людей, способных воспитать в себе бесстрашие и мужество благодаря необыкновенной силе воли.

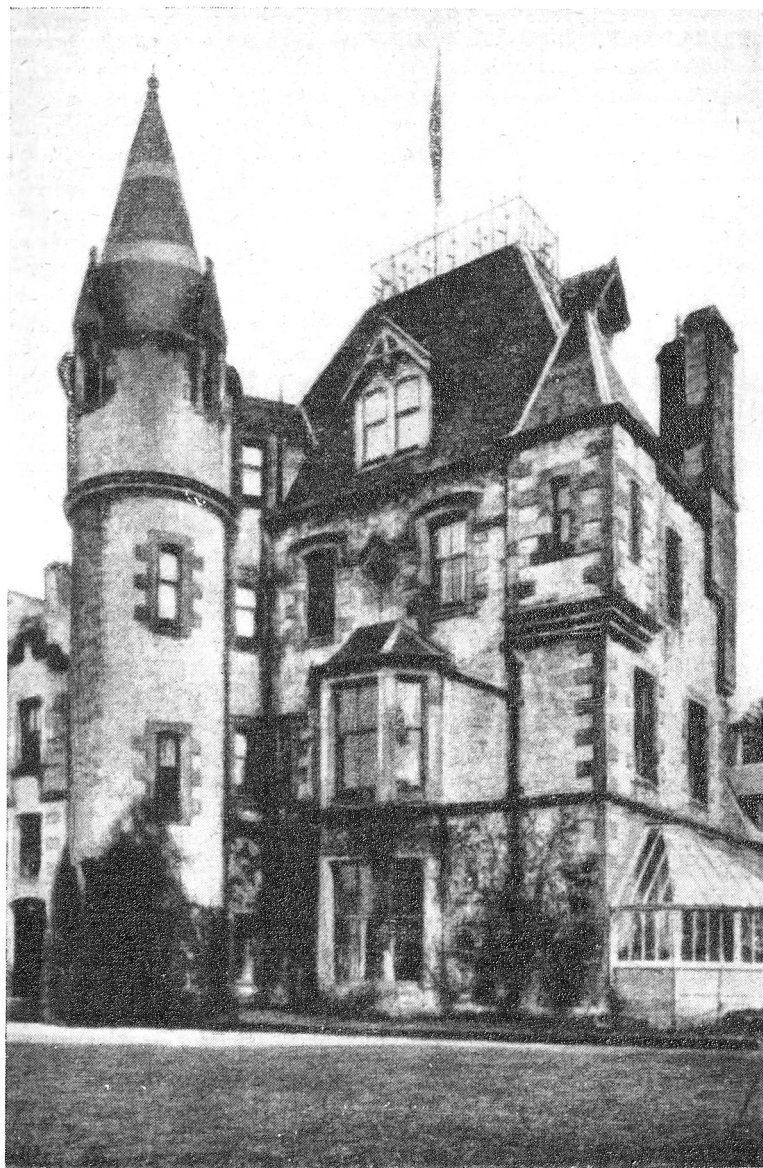
¹ *J. B. S. Haldane. The implications of genetics for human society. — Proc. 11 th Inter. Congr. Genet., 1964, p. XCI.*

Джон Скотт Холдейн (1860—1936), окончив в 1884 г. медицинский факультет Эдинбургского университета, некоторое время работал ассистентом-демонстратором в физиологической лаборатории Университетского колледжа в г. Данди (Шотландия). В 1887 г., по возвращении из кратковременной научной командировки в Йенский университет (Германия), он получил от Джона Скотта Бэрдона Сандерсона (дяди со стороны матери), руководителя физиологической лаборатории в Оксфордском университете, предложение занять там должность ассистента. К этому времени профессор Сандерсон (1828—1905) уже был прославленным ученым, членом Лондонского королевского общества. Основатель экспериментального направления в английской физиологии XIX в., организатор оксфордской школы физиологов, он был широко известен своими работами по общей физиологии. Им были изучены особенности жизнедеятельности изолированных тканевых культур, зарегистрированы токи действия, возникающие в нормально работающем сердце, установлена скорость передачи возбуждения по нервному волокну и проведены другие важные исследования. Его труды переведены на многие языки, в том числе на русский; на них воспитывались физиологи последней четверти XIX—начала XX в.

Приняв предложение, Холдейн переехал в Оксфорд. Здесь ему предстояло читать лекции и вести лабораторные занятия со студентами по курсу общей и частной физиологии. Однако с самого начала совместной работы научные интересы дяди и племянника оказались диаметрально противоположными.

Направление научной деятельности молодого ассистента сразу определилось его глубоким убеждением, что наука должна служить людям, их здоровью. В тот период бурного развития промышленности его остро интересовали вопросы физиологии труда, в частности физиология дыхания и кровообращения человеческого организма в различных условиях окружающей среды. И все последующие годы своей долгой жизни Дж. С. Холдейн посвятил изучению процесса дыхания у человека в нормальных и экстремальных условиях при выполнении сложных и нередко опасных для жизни трудовых процессов: в шахтах, под водой, на больших высотах.

В 1895 г., когда Сандерсон был утвержден в должности профессора медицинского факультета Оксфордского



Родовой замок Холдейнов

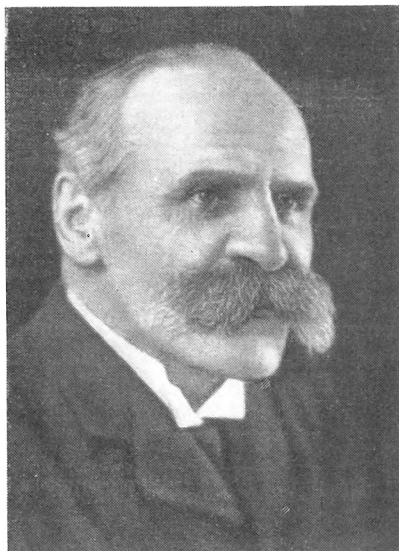
университета, Холдейн занял его место руководителя физиологической лаборатории. С этой поры и до конца своих дней Дж. С. Холдейн прочно связал себя с Оксфордом. Две трети жизни, проведенные в этом старом университетском городе, самоотверженная научная работа, связанная с интересами и нуждами угольной промышленности, со службой здравоохранения и с безопасностью труда горняков, позволили ему добиться заслуженного авторитета, создать имя в мире науки, сплотить коллектив ученых-единомышленников. Здесь же, в Оксфорде, он женился в 1891 г. на Луизе Троттер, здесь же год спустя родился его сын — Джон Холдейн-младший, а еще через пять лет, в 1897 г. — дочь Нейоми.

Мать Джона Б. С. Холдейна — Луиза Кэтлин Троттер (1862—1960) происходила из старинного ирландского аристократического рода, по знатности не уступавшего роду Холдейнов. В роду Троттеров также было немало видных военачальников, флотоводцев, ученых-путешественников, дипломатов и государственных деятелей разных рангов. Юная красавица-аристократка придерживалась крайне строгих взглядов на вопросы брака и семьи.

В своих мемуарах «Друзья и близкие», написанных за год до кончины, Луиза Холдейн вспоминает, как она мучительно долго раздумывала над тем, соглашаться ли на предложение Дж. С. Холдейна выйти за него замуж. Она была сторонницей прогрессивных взглядов на роль женщины в современном обществе, однако по своим политическим симпатиям, как свидетельствуют ее сын и дочь, разделяла линию, скорее всего, крайне правых консерваторов, была сторонницей колониализма и верила в просветительную миссию Великобритании — словом, была «твердым тори», притом с весьма крутым характером.

Круг ближайших родственников и друзей, связанных с домом Холдейнов, во многом предопределил ту благоприятную, пронизанную интересами науки домашнюю обстановку, которая с самых юных лет способствовала формированию Холдейна-младшего как будущего ученого и общественного деятеля.

Брат отца, лорд Ричард Холдейн (1856—1928), умеренный буржуазный либерал, был автором ряда трудов, посвященных истории Германии, теории права, философии Гегеля. Им же написана первая в Англии книга, из-



*Отец Холдейна
Джон Скотт Холдейн*

лагающая теорию относительности Эйнштейна, другом которого он был.

Сестра отца, Элизабет Холдейн (1862—1937) — видная общественная деятельница, энергичная сторонница социальных реформ для женщин. Ее перу принадлежат работы по философии Гегеля, классической немецкой философии, а также ряд публицистических брошюр на злободневные темы.

Дружеские узы связывали Холдейнов с семьями Томаса Гексли и Христиана Бора — известного датского физиолога, отца Нильса Бора. Часто у Холдейнов бывали профессора Оксфордского университета. Царившая в доме интеллектуальная атмосфера способствовала раннему пробуждению у Холдейна-младшего интереса к научным исследованиям. Отец с детьми обращался, как со взрослыми людьми, — такова была его система воспитания. Холдейн-сын очень рано обнаружил выдающиеся способности и удивительную память. Ему не исполнилось еще



*Мать Холдейна
Луиза Кэтлин Холдейн*

и пяти лет, а он уже читал газетные отчеты о деятельности научных обществ и с необыкновенной легкостью заучивал стихи — и не какие-нибудь детские «считалки», а целые фрагменты из классической поэзии. Однажды Джек собрал коллекцию морских ракушек, и, когда попросил отца помочь определить образцы, тот дал ему двухтомное руководство по зоологии на немецком языке — в ту пору мальчику было восемь лет. А несколькими годами позже, перед тем, как идти в аудиторию, отец прочитывал Джеку свои лекции по физиологической химии. «Из них, — писал впоследствии Холдейн, — я узнал об исследованиях Эмиля Фишера по стереохимической структуре сахаров задолго до того, как имел какое-либо представление о том, что хлористое серебро нерастворимо в воде и что водород горит в кислороде...»²

² J. B. S. Haldane. The scientific work of J. S. Haldane. Penguin Science Survey, London (2), 1961, p. 21.

Очень рано Холдейн-старший стал прививать сыну вкус и интерес к физиологии, к эксперименту, увлекая его своим неудержимым творческим энтузиазмом. Он часто брал Джека с собой в качестве младшего помощника. Вместе они, занимаясь исследованием состава воздуха, ездили по угольным районам и трущобам, забирались в туннели и на окраины, где пролегали сточные канавы, вместе спускались в шахты для определения концентраций рудничного газа.

Холдейн-отец нередко проводил эксперименты над самим собой: вдыхал угарный газ, записывая свои ощущения, исследовал свою кровь, определяя содержание окиси углерода в гемоглобине. Использовал он в качестве подопытного и Джека. Об одном из таких совместных экспериментов Холдейн-сын вспоминает: «С целью продемонстрировать вредное действие постепенно возрастающей концентрации рудничного газа на организм человека по мере спуска в забой отец предложил, чтобы я, стоя в подъемнике, декламировал речь Марка Антония из «Юлия Цезаря», начиная со строк:

Друзья, сограждане, внемлите мне,
Не восхвалять я Цезаря пришел,
А хоронить. Ведь зло переживет
Людей, добро же погребает с ними.
Пусть с Цезарем так будет. Честный Брут
Сказал, что...

В этом месте я стал часто и тяжело дышать, ноги у меня подкосились, я упал, потеряв сознание. Внизу воздуха было достаточно, и я тотчас пришел в себя. Так я убедился, что рудничный газ легче воздуха и опасен для дыхания»³.

Холдейна-отца, чье научное мышление сформировалось главным образом под влиянием идей французского физиолога Клода Бернара (1813—1878), полагавшего, что кровь, как внутренняя среда, обеспечивающая нормальную жизнедеятельность органов и тканей животного организма, сохраняет постоянство своих физико-химических свойств, по праву причисляют к классикам совре-

³ *J. B. S. Haldane. Keeping cool and other essays. London, Chatto and Windus, 1940, p. 90.*

менной физиологии дыхания. Он всесторонне изучил особенности дыхания человека при недостаточном содержании кислорода в воздухе; воздействие окиси углерода и рудничного газа на организм; разработал методику определения минимальных количеств этих ядовитых газов. В качестве индикаторов для обнаружения ничтожных концентраций окиси углерода в шахтах и в подводных лодках он предложил использовать мышей и канареек. Эти животные, отличающиеся быстрым обменом веществ, погибают от угарного газа задолго до того, как он становится опасным для человека. Следует отметить, что современные методы техники безопасности в шахтах в значительной степени основаны на работах Холдейна-отца, изучавшего действие смертоносной смеси из угольной пыли и воздуха, которая наполняет шахты после взрыва рудничного газа.

В конце 1890-х годов Дж. С. Холдейн сконструировал простой прибор для анализа крови, а также небольшой аппарат, с помощью которого по маленькой пробе можно было точно определить количество крови в организме.

К концу XIX в. Холдейн опубликовал много работ в специальных физиологических и санитарно-гигиенических журналах по вопросам охраны здоровья и труда шахтеров и проходчиков туннелей и стал признанным авторитетом среди ученых и инженеров угольной и горнорудной промышленности. Ему же принадлежит установление факта, что нормальное дыхание зависит исключительно от влияния углекислоты на дыхательный центр, — открытие, имевшее поистине революционное значение. Однако в ту пору он сам в должной степени не оценил этого открытия, упомянув о нем лишь вскользь в докладе (1905 г.), ставшем впоследствии знаменитым. Этот вопрос подвергся теоретической разработке уже много позже.

С большим интересом и увлечением занимался Дж. С. Холдейн и исследованием особенностей дыхания в разреженной атмосфере, в которой оказываются аэронавты и альпинисты, много времени посвятил проблеме дыхания при высоком давлении, с чем сталкиваются водолазы. По его просьбе адмиралтейство Великобритании создало в 1906 г. комитет для изучения условий работы водолазов. Дж. С. Холдейн и возглавляемая им маленькая группа сотрудников начали с того, на чем остановился за

тридцать лет до них французский физиолог Поль Бер (1833—1886) ⁴.

Производя опыты над животными, Бер показал, что, если создать высокое давление, а затем резко его снизить (т. е. подвергнуть животное внезапной декомпрессии), буквально через несколько секунд кровеносные сосуды оказываются забитыми пузырьками азота и циркуляция крови прекращается. При восстановлении прежнего давления пузырьки азота исчезают, вновь растворившись в крови. Это явление Бер сравнивал с тем, что происходит в бутылке с шампанским: когда бутылку под давлением закупоривают, углекислота растворяется в вине; стоит пробку вынуть, как давление в бутылке падает и пузырьки, пенясь, вырываются наружу.

Перед Дж. С. Холдейном и его группой стояла задача привести в систему факты, открытые П. Бером. Путем умозрительных выкладок и тонких математических расчетов было показано, что переход газа из крови в ткани осуществляется по законам диффузии в соответствии с разностью концентраций, и, таким образом, истолкован процесс насыщения организма азотом воздуха. Опыты производились и на животных, и на людях. Холдейн ввел в физиологию понятие коэффициента безопасно допустимого пересыщения организма человека азотом воздуха, при котором уже нет риска подвергнуться мучительной декомпрессии (кессонной болезни). В этом случае ткани человеческого организма в состоянии удерживать азот в растворенном состоянии без образования пузырьков. Чтобы предупредить кессонную болезнь, водолаз должен выходить на поверхность, строго соблюдая безопасный режим медленного подъема. Дж. С. Холдейн впервые разработал рабочие водолазные таблицы, в которых отражены режимы, рассчитанные в соответствии со строгим учетом как глубины погружения, так и времени пребывания водолаза на грунте. Метод ступенчатой декомпрессии, положенный в основу этих таблиц, был разработан в результате многократных экспериментально-тренировочных погружений.

⁴ Итоги многолетних исследований Поля Бера изложены в его обстоятельном труде «Барометрическое давление»: *Paul Bert. La pression barométrique. Paris, 1878.* (Полный перевод на английский язык был осуществлен в 1943 г.)

Члены группы, заразившись энтузиазмом своего руководителя, с увлечением участвовали в его изысканиях. Эксперименты вначале проводились недалеко от Лондона, на территории Листеровского института, где водолазов подвергали воздействию давления, которое им предстояло испытать на глубине 60 м, а затем у острова Бьют, в западной части Шотландии, где уже шли не тренировочные, а экспериментальные погружения с канонерской лодки «Спанкер». Заставляя водолазов проделывать утомительные физические упражнения, Дж. С. Холдейн постоянно работал над усовершенствованием водолазного оборудования.

В заключительных экспериментах принимал участие и Холдейн-младший. Вот как он вспоминает о своем первом погружении под воду: «В августе 1906 г. в районе г. Глазго я с матерью и сестрой находился в гостинице. Отцу потребовались таблицы и графики, показывающие скорость проникновения и выхода азота из тканей при диффузии. Будь при мне таблицы логарифмов, я бы легко сделал нужные расчеты. В сложившейся ситуации мне пришлось строить расчеты на основе серийных данных, что было нелегкой задачей в 13 лет. В виде поощрения отец обещал мне спуск под воду. Он предупредил военноморские власти, что, если я при первом спуске погружусь на глубину до 40 футов (140 м), что категорически запрещено старшинскому составу без предварительной месячной тренировки, длительность моего пребывания под водой должна быть сокращена. Мне повезло, и я провел полчаса на дне бухты, наблюдая за передвижениями морских звезд, которые встречались примерно по одной на каждый квадратный метр. Обшлага надетого на меня водолазного костюма, который был мне велик, неплотно обтягивали кисти рук, и вода проникала внутрь. Когда меня подняли на палубу, вода в костюме была на уровне шеи»⁵.

Предложенная Дж. С. Холдейном формула для расчета остановок на глубинах и времени выдержек после пребывания человека в условиях повышенного давления признана классической в теории и практике подводной физиологии.

⁵ J. B. S. Haldane. The scientific work of J. S. Haldane. Penguin Science Survey, London (2), 1961, p. 25.

Итог многолетней научной деятельности Дж. С. Холдейна и его учеников по различным вопросам физиологии дыхания был обобщен в монографии «Дыхание», написанной в соавторстве с Дж. Г. Пристли (на русском языке она опубликована в 1937 г.)⁶. Проблема дыхания рассмотрена в ней не изолированно, а в сложной взаимосвязи с другими функциями организма. Большинство опытов, описанных в книге, проводилось на человеке, так как, по признанию самого Дж. С. Холдейна, «только в экспериментах на человеке вскрывается исключительная тонкость регуляции дыхания». Такой экспериментальный подход впоследствии был характерен и для Холдейна-младшего.

Как правило, исходным моментом для постановки теоретических исследований Дж. С. Холдейну служили актуальные практические вопросы. За выдающиеся научные заслуги в области физиологии труда, разработку рекомендаций, направленных на улучшение условий труда шахтеров, горняков, проходчиков туннелей и других категорий рабочих, Дж. С. Холдейн в 1924 г. был избран на пост президента Института горных инженеров и занимал его три года подряд. Холдейн-младший в воспоминаниях об отце отмечает, что это — единственный пример в истории института, когда возглавлял его человек без технического образования.

В последующие годы Дж. С. Холдейн продолжает вести лабораторные исследования по частным вопросам физиологии дыхания; много времени отдает консультациям и разработке научных тем по заявкам фирм и трестов горнорудной промышленности, но в основном занимается философскими вопросами естествознания. В этот период им опубликовано несколько книг, в том числе «Философские основы биологии» (1931).

Уже в возрасте 75 лет, в 1935 г., Дж. С. Холдейн посетил Иран и Ирак, где изучал случаи смерти от солнечного удара среди рабочих нефтяной промышленности. Простуда, подхваченная им на обратном пути, осложнилась воспалением легких. Холдейн-сын в ту пору приложил все усилия для спасения жизни отца, отдал для переливания свою кровь, однако улучшение состояния больного было лишь временным. 14 марта 1936 г.

⁶ Дж. С. Холдэн и Дж. Г. Пристли. Дыхание. М.—Л., 1937.

Дж. С. Холдейна не стало. Буквально накануне смерти его навестил известный датский физиолог, коллега по совместным работам Август Крэг, с которым они обсуждали планы будущих исследований...

Привязанность Холдейна-сына к отцу, преклонение перед ним были чрезвычайно велики. В своем «Автобиографическом очерке» Холдейн пишет: «Меня иногда спрашивали, кому я больше всего обязан своей карьерой ученого. И тут у меня нет никаких сомнений. Больше всего я обязан своему отцу...». Совместная работа с отцом оказывала огромное влияние на формирование характера, интересов, научного мышления сына. «Моим первым учителем и наставником в науке был отец, — неустанно подчеркивал Холдейн. — Когда мне исполнилось восемь лет, я под диктовку отца вел запись показаний, полученных при газовых анализах. В двенадцать лет я уже собирал пробы воздуха в угольных шахтах и готовил смеси из извести и углекислого натрия для спасательных аппаратов. Вскоре меня поставили на ответственную работу по мойке стеклянной посуды для опытов. Здесь я осознал, что такое степень точности, требуемая для выполнения серьезного научного исследования, при котором малейший просчет или ошибка может стоить человеческой жизни. Мне пришлось неоднократно сталкиваться с тем, как изящно разработанные теоретические построения отца безжалостно им же отвергались перед лицом «уродливых» фактов, добытых в экспериментах... Я познал все тяготы и ответственность, связанные с постановкой опытов. Школа отца убедила меня в том, что дорога в науку прокладывается не только теми, кто умеет хорошо мыслить теоретически, но в равной степени и теми, у кого умелые руки, пусть даже в ущерб теоретической подготовке»⁷.

Но при всем своем огромном уважении к отцу Холдейн-младший вынужден был в 1932 г. заявить, что их философские взгляды не идентичны, они расходятся как в истолковании отдельных вопросов, так и в самой терминологии. Он тем более считал необходимым это сделать, что при жизни отца воззрения последнего ошибочно приписывались сыну.

⁷ J. B. S. Haldane. What is life? London, 1949, p. 146, 161.

По своим убеждениям Дж. С. Холдейн был типичным представителем науки викторианской эпохи: материалистом в толковании вопросов физиологии, дуалистом и агностиком в вопросах философии. С его именем связано возникновение и обоснование холизма — разновидности витализма, идеалистической и мистической теории. Следуя за учением Дж. Беркли и Канта и их современными истолкователями, Дж. С. Холдейн в своих работах по философии биологии⁸ пытается разрешить спор между механицизмом и витализмом путем привлечения понятия бога, «поскольку весь опыт нашего бытия является не чем иным, как стремлением познать сущность бога во всех его проявлениях»⁹.

В отличие от отца Холдейн-младший был воинствующим атеистом и сторонником диалектического материализма.

Чувство искренней и глубокой привязанности к отцу Холдейн пронес через всю свою жизнь. Он ревностно относился к памяти об отце и мечтал написать его научную биографию.

*

Первым учебным заведением, куда поступил шестилетний Холдейн, была Оксфордская подготовительная школа. За время пребывания в школе (1898—1905 гг.), а затем в Итонском колледже (1905—1911 гг.) он проявил выдающиеся способности в области математики, классических языков и естественных наук. Не раз удивлял он своих наставников техникой перевода латинских текстов, познаниями в математике, в особенности геометрии. В отзыве о нем преподавателя математики читаем: «Холдейн на занятиях всегда сосредоточен, углублен. Как правило, он решал, по крайней мере, четыре задачи, с которыми другие не справлялись. Высокий уровень в решении задач был его отличительной чертой. Его подход характеризуется ясностью мысли, в преобразованиях он всегда предельно вдумчив. Он быстро схватывает суть дела и прямо идет к цели».

⁸ *J. S. Haldane. The philosophical basis of biology. London, 1930;*

J. S. Haldane. Materialism. London, 1932.

⁹ *J. S. Haldane. The philosophy of a biologist. Oxford, 1936, p. VI.*

За отличные успехи по математике и классическим языкам Холдейн получил в подготовительной школе множество похвальных грамот.

В 1905 г. его без экзаменов приняли в Итонский колледж — старейшее среднее учебное заведение Англии, основанное в 1440 г., еще в царствование Генриха VI. Итон знаменит своей библиотекой, насчитывающей до 22 тыс. томов, обсерваторией, музеем, где наряду с рукописями X в. представлена история всех поколений выпускников: бесконечного ряда государственных деятелей, дипломатов, путешественников, изобретателей, ученых, военачальников и т. д. До 1851 г. колледж отличался гуманитарным уклоном, особое внимание уделялось древней истории и литературе, греческому и латинскому языкам, философским системам классиков. Со второй половины XIX в. в программу колледжа была введена математика, а несколько позже и физика, в связи с чем были построены новые корпуса для школы механики и физики. В колледже одновременно обучается более 1000 учеников.

Итон — учебное заведение закрытого типа для детей привилегированных сословий — всегда был цитаделью консерватизма. Недаром в Англии говорят: «Тон делает музыку, а Итон — премьер-министров». Заносчивость, чопорность, высокомерие — черты, составлявшие основу неписаного кодекса нравственности Итонского колледжа, — были глубоко чужды и ненавистны молодому Холдейну. Из-за своей неуклюжести он стал предметом насмешек и мелких придилок, начались постоянные столкновения с наставниками и сверстниками, и Холдейн настоятельно просил отца забрать его из Итона. Но недолго ходил он в «козлах отпущения»: его необыкновенное физическое развитие, недюжинная сила, пылкость и храбрость вскоре были по достоинству оценены. За год до окончания колледжа он даже был назначен капитаном (старшиной) — ответственным лицом за внутренний распорядок. В Итоне, издавна славящимся своими лодочными соревнованиями, Холдейн стал прекрасным гребцом и пловцом.

Вслед за изучением произведений классиков древности, которым Холдейн посвятил два года, он принялся за химию, на которую потратил пять семестров, на физику — один семестр, историю — три семестра и, наконец, биологию — три семестра. «В результате, — вспоминал впо-

следствии Холдейн, — к концу учебы в Итонском колледже я свободно читал на латинском и греческом, владел французским и немецким языками, получил достаточную для самостоятельных исследований подготовку по химии и биологии и удовлетворительные знания по истории и текущей политике. Никаких знаний по вопросам экономики, психологии и технологии колледж не давал. Умело воспользовавшись хаосом, царившим в программах колледжа, и бесконтрольностью в организации учебного процесса, я смог серьезнее, чем когда-либо в последующие годы, заняться изучением трудов философов древности, а также овладеть основами естественных наук».

В Итоне Холдейну были присуждены призы за лучшие знания по физике, биологии и химии, а в конкурсе по математике в 1908 г. он стал обладателем приза Бертрана Рассела (позже, в 1923 г., с Расселом он совместно написал книгу «Дедал и Икар»).

В эти же годы выявилось явное неприятие Холдейном религии. С увлечением проштудировав «Этюды о природе человека» И. И. Мечникова и «Мировые загадки» Эрнста Геккеля, он страстно убеждал своих сверстников, что бога не существует, и шутливо говорил, что «бог есть не что иное, как эфемерное позвоночное». Двадцатиминутные молебны до завтрака и десятиминутные перед сном, двухчасовые воскресные службы, установленные в Итонском колледже, раздражали Холдейна. «Я всегда был совершенно безразличен к религии», — заметил он как-то в последние годы жизни.

Дальнейшее образование Холдейн получил в стенах Нью-колледжа Оксфордского университета, куда поступил осенью 1911 г., показав на вступительных экзаменах блестящие знания по математике. Теперь математика становится основной его учебной дисциплиной, хотя, по его собственному признанию, интенсивные занятия ею более пяти часов кряду могут выбить человека из колеи.

О незаурядных математических способностях Холдейна говорит и такой эпизод. В 1911 г., незадолго до окончания Итонского колледжа, отец обратился к ректору с просьбой отпустить сына на заседание физиологической секции Лондонского королевского общества, мотивируя просьбу следующим образом: «Поскольку Джек участвовал в разработке математической части важного



Холдейн с сестрой Нейоми (1912)

физиологического исследования¹⁰, его присутствие очень желательно. Составленное им уравнение способствовало внесению ясности в вопрос, не изученный до настоящего времени. Без него я вряд ли смогу защититься от нападков людей, более сведущих в математике, чем я»¹¹. Впоследствии Холдейн очень гордился этим фактом своей биографии.

¹⁰ Речь идет о математической обработке экспериментальных данных по изучению способности гемоглобина связываться с кислородом и угарным газом. Эта работа стала первой научной публикацией Холдейна-младшего в соавторстве с отцом Холдейном-старшим и Ч. Дугласом.

¹¹ *Ronald Clark*. J. B. S. The life and work of J. B. S. Haldane. London, Hodder and Stoughton, 1968, p. 31.

После успешного выступления 19-летнего Холдейна на заседании Лондонского королевского общества отец полагал, что, наконец, интересы сына четко определились — перед ним открыта дорога в науку, в актуальную область прикладной математики. Но именно теперь, как это часто случалось с Холдейном и в дальнейшем, произошел резкий поворот в его интересах: с успехом сдав экзамены по циклу математических дисциплин, он с головой ушел в занятия классическими языками и древней философией. Интерес к этим наукам у него сохранился до конца дней (любимыми его поэтами были Катулл, Гораций, Лукреций, Вергилий). Лингвистические способности позволяли ему быстро овладевать языками. В зрелые годы Холдейн читал научную литературу в подлинниках на одиннадцати языках.

О новом повороте в своих занятиях Холдейн немедленно известил отца и получил одобрение.

В Нью-колледже Оксфордского университета Холдейн посещал также лекции по зоологии Е. С. Гудрича, ученика прославленного Эдвина Рея Ланкестера (1847—1929). «Эмоциональный эффект от этих занятий, — отмечал он позднее, — имел огромное влияние на формирование моих стойких интересов к вопросам, связанным с проблемой живого. Они косвенным образом сказались на том, что я прочно связал себя с генетикой в последующие годы»¹².

В автобиографических записках Холдейн с большой теплотой вспоминает о днях, проведенных в Нью-колледже (1912—1914 гг.). По его признанию, именно в эти три года запойного чтения классической литературы (с некоторым отвлечением в сторону генетики) он с жадностью впитал в себя все лучшие традиции английского языка и научился писать кратко, ярко, точно и образно, притом всегда увлеченно. Этот стиль письма он совершенствовал всю жизнь. Однажды его спросили: «Как Вам удастся так легко и непринужденно писать?». «Это не-легко далось», — был ответ.

Увлечение плаванием и греблей сохранил Холдейн и в Оксфорде, причем для него специально делали весла, потому что обычные он часто ломал. Вообще спортом (в особенности плаванием и прогулками в горы) Холдейн

¹² R. Clark. J. B. S., p. 29.

увлекался всю свою жизнь до самых преклонных лет. Крепкое физическое развитие и строгая система домашнего воспитания, необычайная одаренность в сочетании с прекрасным образованием — все это позволило Холдейну с полным правом говорить: «От рождения и по своему воспитанию — я человек сильный».

Первая мировая война. Полк «Блэк Уотч»

Весть о начале войны 1914 г. застала Холдейна на летних лагерных сборах офицерского состава студентов Оксфордского университета. Он был зачислен в войска связи и получил специальность полевого телеграфиста. Однако, когда через несколько недель Англия оказалась втянутой в непосредственные военные действия, в Холдейне заговорила шотландская кровь — он изъявил желание служить в полку «Блэк Уотч» («Черный страж») — старейшей войсковой части Шотландии, в которой служили и его предки. Полк этот был дислоцирован в районе г. Перт, в нескольких милях от родового замка Холдейнов в Клоуне, где Джек проводил обычно школьные каникулы¹. Желание его было удовлетворено. Прибыв к месту службы, Холдейн был зачислен в третий батальон специального назначения, где готовили минометчиков. После четырехмесячной подготовки, в январе 1915 г., он в составе первого батальона полка был переброшен во Фландрию и вскоре назначен офицером по бомбометанию.

Склонный, по его собственному выражению, к «азартной игре с риском», наделенный отличным здоровьем и изобретательностью, которую он вкладывал в любое дело, Холдейн рассматривал свое пребывание на фронте и участие в операциях против немцев как «интересное приключение». Он был внутренне подготовлен к встрече с опасностями и неожиданностями. В автобиографиче-

¹ После второй мировой войны потомки Холдейнов в нем уже не жили, замок постепенно обветшал и пришел в негодность. В последние годы часть замка была реставрирована, несколько модернизирована; в настоящее время в нем размещается мотель для автотуристов и придорожная гостиница.

ских записках Холдейн вспоминает, что «школу бесстрашия» он получил в наследство от отца. В частности, во время первого артиллерийского обстрела он не дрогнул только потому, что за три года до этого отец взял его с собой в шахту сразу после взрыва, чтобы выяснить причину аварии. Обстановка в шахте «на грани жизни и смерти», где каждую минуту мог произойти новый взрыв и обвал, приблизительно напоминала ту, с которой он встретился на фронте.

О мужестве и исключительной бодрости духа Холдейна долго в полку ходили легенды. Война воспитала в нем чувство товарищества, однако, кроме боевых воинских обязанностей, у Холдейна было мало общего с однополчанами. Он выделялся своей образованностью и прогрессивными политическими убеждениями. Отношение Холдейна к войне было резко отрицательным, ему был чужд патриотический угар, охвативший значительную часть английской интеллигенции, в особенности представителей привилегированных слоев².

Участок фронта во Фландрии, куда был назначен Холдейн, не отличался активной боевой деятельностью. В отряде по испытанию новых видов вооружения ему было поручено проверить в бою экспериментальные бомбы и новый тип окопного миномета, — по его словам, обоюдного оружия и для врага, и для стреляющего. Вскоре он был назначен командиром этого небольшого, всего из двенадцати человек, отряда, подчинявшегося непосредственно ставке. Отряд, которому была придана мобильная механическая мастерская, быстро меняя позиции вдоль огневой линии, должен был проверять действенность нового вида оружия и сеять панику в стане врага. В летописи истории полка «Блэк Уотч» отмечено, что бомбардиры, как именовались подчиненные Холдейна, не

² Свое отношение к войне Холдейн выразил, например, в таком стихотворении, написанном им в 1915 г. в окопах:

Тебе молясь, тебе крича осанну,
Мы сеем смерть, сметая все до гла...
И перковь освящает неустанно
Тобою эти страшные дела.

Во тьме отчаянья, в грязи околевая,
В потоках крови, выбившись из сил,
О господи, тебя мы проклинаем,
За то, что ты все это допустил.



Перед отправкой на фронт

пользовались доброй славой, поскольку... их действия вызывали мощный ответный огонь противника и мешали тихо отсиживаться в окопах. За исключительную храбрость и искусное владение бомбометанием Холдейна прозвали «капитан Бомбо».

Начальство характеризовало «капитана Бомбо» как самого отважного и самого неряшливого офицера армии: увлекающийся Холдейн за работой забывал о сне и отдыхе, порой не раздевался по три недели кряду (неприятельность к своему внешнему виду отличала Холдейна, кстати, в течение всей жизни). По ночам, преодолевая проволочные заграждения, он подползал к вражеским окопам, добывая ценные сведения. Однажды Холдейн исчез. После нескольких взрывов, донесшихся от окопов немцев, его сочли погибшим. Но через некоторое время он неожиданно появился в сильно потрепанном

виде и объяснил: «Боши несли всякую небывлицу о нас, и я решил покончить с их разговорами». Азарт схватки с неприятелем оставил глубокий след в памяти Холдейна. Ему всегда был чужд покой, и даже в возрасте семидесяти лет он писал: «Я все еще не теряю надежды умереть в бою...».

Несмотря на, казалось бы, полную поглощенность военными буднями, Холдейн в мыслях не расставался с наукой. Отсюда, с линии огня, он писал своему учителю, знаменитому генетику Вильяму Бэтсону: «На случай, если меня убьют, будьте добры, помогите моей сестре оформить нашу совместную работу по наследованию признаков у мышей». Позже Холдейн как-то говорил, что он, возможно, был единственным из офицеров, кто на передовой дописывал свою научную работу — статью по генетике, опубликованную затем в 1915 г. в «Journal of Genetics».

По приказу военного ведомства в мае 1915 г. Холдейна внезапно отозвали в Англию: ему предстояло отчитаться о результатах испытания нового вида оружия. Он привез в Лондон образец немецкой гранаты, захваченной им во время одного из «набегов» на вражеские окопы. Доклад Холдейна произвел благоприятное впечатление, и молодого капитана отправили обратно на фронт для изучения новых технических средств противника.

К этому времени немцы уже применили отравляющие газы в районе Ипра. Хотя союзники своевременно были предупреждены о возможности использования подобного оружия, они не приняли никаких мер предосторожности — два дивизиона французов после газовой атаки бежали в панике. Английским солдатам было роздано 90 тыс. противогазов, которые, как выяснилось, не защищали от вредного действия отравляющих веществ. Для спасения армии необходимы были самые экстренные и решительные меры. По поручению верховного командования лорд Ричард Холдейн — в ту пору член военного кабинета, занимавший должность консультанта по вопросам изучения идеологии противника, — обратился к своему брату Джону С. Холдейну с просьбой изложить соображения о возможностях защиты от газов. Холдейн-старший немедленно выехал во Фландрию, в район боевых действий. Он попросил командование срочно доставить на линию фронта профессора Чарлза Дугласа, с которым

он много лет работал над изучением особенностей дыхания в условиях шахт, и откомандировать для необходимых опытов сына — Дж. С. Б. Холдейна.

В Хазебрюке (юго-восточнее Кале) наскоро сформированная группа добровольцев во главе с отцом и сыном Холдейнами и Дугласом переоборудовала здание школы под экспериментальную лабораторию по испытанию действия газообразного хлора на человеческий организм. Холдейн-младший потом пояснял: «Нам предстояло провести сравнительное изучение действия различных концентраций газа на себе, в одних случаях пользуясь противогазом, в других — без него. Газ разъедал глаза и затруднял дыхание, вызывая кашель. Разумеется, нужны были опытные физиологи. Рядовой солдат в условиях боя, вероятно, сорвал бы противогаз, чтобы преодолеть затрудненное дыхание, кашель... Опытный физиолог владеет собой в гораздо большей степени. Нам предстояло убедиться в способности солдата идти в атаку, бежать или выполнять трудоемкие рабочие операции в противогазе»³.

Солдаты — участники опытов — крутили колесо в изолированной камере, куда подавался газ, бегали в противогазах по открытой местности. По мере того как ядовитый газ оказывал свое действие, один участник сменял другого. Некоторых из них по окончании экспериментов пришлось на несколько дней перевести на постельный режим. Сам Холдейн около месяца страдал от затрудненного дыхания и не мог бегать. Эти опыты, длившиеся несколько дней кряду, спасли союзникам тысячи жизней и в значительной степени снизили эффективность нового оружия немцев.

8 мая 1915 г. Холдейн-младший был срочно переброшен в район боев в связи с ожидаемой новой газовой атакой противника. По дороге он узнал о предполагаемом наступлении армии союзников на немецкие позиции. Между тем остаточные явления хлорного отравления все еще давали себя знать. «Я мог лишь медленно передвигаться мелкими шагами, подобно пожилому джентльмену, страдающему от хронического бронхита», — писал он впоследствии. Незадолго до начала артиллерийского обстрела союзников 9 мая Холдейн находился вблизи передовой. Здесь его ранило: правая рука и левая половина тела

³ R. Clark. J. B. S., p. 40.

были поражены осколками. Один из очевидцев так вспоминает о ранении Холдейна: «Он сначала упал, но тотчас встал и вновь повел свою сильно поредевшую группу солдат в наступление. Затем вторично был сбит с ног взрывной волной». Придя в себя, Холдейн пополз в тыл, и долгое время после боя его не могли обнаружить. В газете «Таймс» уже появилось сообщение о его смерти: «... Отважно сражаясь, пал в неравном бою». Но он был жив и довольно скоро поправился, — правда, осколок из его спины был извлечен уже дома, в Оксфорде.

В августе 1915 г. после выписки из госпиталя Холдейн в течение восьми месяцев служил инструктором в школе младших офицеров и сержантов по подготовке гранатометчиков и минометчиков в городе Нигг на севере Шотландии. Тогда этот вид оружия только-только начинал осваиваться. Он писал домой, что ему наскучила работа инструктора, и неоднократно обращался с просьбой отправить его на фронт. Однако вместо этого его направили в Эдинбург, в отдел войсковой разведки шотландских частей. «Мне придумали весьма глупую должность», — писал он матери.

Между тем в октябре 1914 г. в войну на стороне Германии вступила Турция — союзники получили нового противника и новый фронт военных действий. А в октябре 1916 г. Холдейну, наконец, удалось получить назначение в Месопотамию (ныне Ирак), где находился тогда второй батальон «Блэк Уотч». Пароходом он в декабре прибыл в Басру, а дальше на барже поднялся вверх по реке Тигр в район расположения англичан, противостоящих турецким войскам. Холдейн был назначен командиром батальона снайперов, в котором проходила опробованная оригинальная по тому времени конструкция прицельного устройства. Здесь 22 февраля 1917 г. он был ранен в ногу и вскоре эвакуирован в Индию, где прожил больше года — с лета 1917 г. до осени 1918 г.

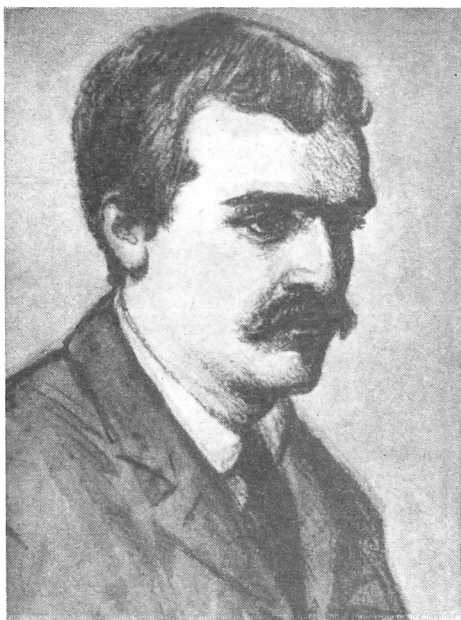
В Индии Холдейн начал с большим интересом изучать язык урду. Простота быта индусов и красота природы Индии пленили его. Он старался возможно меньше встречаться с англичанами и больше общаться с местным населением. Пил сырую воду (чего не делал ни один англичанин), пристрастился к национальным блюдам, знакомился с историей страны, народным искусством и архитектурой. Холдейн полюбил Индию и страдал от

того, что он, как «представитель господствующей расы», не мог общаться с местными жителями на равной ноге. «Соблюдая при встречах с коренным населением нормы вежливости, — писал Холдейн, — я не в состоянии был отделаться от мысли, что тот или иной представитель индийского народа может заподозрить меня в снисходительности, считая, что в моих глазах он всегда лишь раб. Легче всего мне было с офицерами-индусами, с которыми мы часто играли в шахматы». Пребывание в Индии, знакомство со страной сыграли в дальнейшем важную роль в жизни ученого.

По выздоровлении Холдейн был оставлен в Индии и в феврале 1918 г. приписан к военной школе по подготовке гранатометчиков в городе Мхоу. Здесь он читал лекции по использованию новейшего оружия, принятого в английской, французской и немецкой армиях. Если бы не желтуха, его вновь отправили бы на западный фронт. Однако, учитывая болезненное состояние, Холдейна перевели в Лондон. В день подписания перемирия, 11 ноября 1918 г., он все еще числился старшим офицером войсковой разведки. В январе 1919 г. Холдейн был демобилизован.

После демобилизации. Оксфорд и Кембридж. Посещение Советского Союза

После демобилизации первые восемь месяцев Холдейн работал ассистентом Нью-колледжа Оксфордского университета, совмещая исследования в лаборатории отца с посещением лекций по физиологии и физиологической химии. Здесь (в лаборатории, примыкавшей к кабинету отца в их частном доме) он получил солидную подготовку по технике экспериментирования в области физиологии дыхания, кровообращения и изучения общего обмена веществ. Кроме того, здесь он впервые начал самостоятельно вести курс общей физиологии. Холдейна хватало буквально на все: он учился сам, учил других, активно участвовал в университетском литературном обществе, был избран вице-президентом союза студентов.



Дж. Холдейн (1914)

В этот период его научные интересы в значительной мере были подчинены интересам отца, отличавшегося широким биологическим подходом к исследуемым процессам в области теоретической и прикладной физиологии. Как уже говорилось, Холдейн-старший занимался выяснением роли углекислоты как гуморального агента в регуляции дыхания, изучал связь дыхания с кровообращением, дыхательную функцию крови, физиологию газообмена, влияние барометрического давления на организм человека.

Холдейны — отец и сын — на себе продолжали изучать действие ядовитых газов, занимаясь разработкой соответствующих защитных мер, испытывали воздействие экстремальных факторов внешней среды: повышенного и пониженного давления, колебаний температуры, измененного газового состава. Итоги этих исследований (которыми заинтересовался советский физиолог А. Ф. Са-

мойлов¹⁾, были впоследствии изложены Дж. Б. С. Холдейном в научно-популярных очерках, опубликованных в 1928 г.²

Параллельно с работой над вопросами физиологии труда Холдейн-сын в 1919—1920 гг. занимается генетикой. За это время им опубликовано шесть исследований, в которых разрабатывается математическая модель гена и сцепления наследственных факторов. Выполнены они, по всей вероятности, под руководством У. Бэтсона.

Рано проявившийся синтетический подход в решении научных проблем, правильная оценка значения науки и техники в прогрессе человеческого общества позволили тридцатилетнему Холдейну выступить в соавторстве с всемирно известным ученым Бертраном Расселом. Их совместная книга, построенная в форме диалога и названная ими «Дедал и Икар», представляет собой одну из первых попыток предсказать будущие направления отдельных отраслей науки и техники и оценить влияние научно-технического прогресса на развитие общества. Книга «Дедал и Икар» стала первым философским манифестом Холдейна (на русском языке она была опубликована в 1924 г.). С присущим ему оптимизмом, но в то же время с некоторой озабоченностью Холдейн попытался заглянуть в завтрашний день своего современника, уцелевшего после первой мировой войны. Задаваясь вопросом, не вызвал ли человек из недр материи такие силы, которые могут восстать против его самого и низвергнуть его в бездну, Холдейн отвечает, что, хотя никто не властен приостановить поступательное развитие научного и технического прогресса, надо надеяться, что разум возьмет верх над безумием истребления. Однако Холдейн еще не видит реальных путей и конкретных сил, способных спасти человечество от гибели.

Очень высоко оценивает Холдейн в те годы биологию: «В настоящее время, я уверен, центр тяжести научного интереса переносится в биологию»³, — пишет он.

¹ См. А. Ф. Самойлов. Организм человека как объект физиологического исследования. — Избранные статьи и речи. М., 1946, с. 77—81.

² J. B. S. Haldane. Possible worlds and other essays. London, 1927, p. 107—120.

³ Дж. Б. С. Холдейн. Будущее науки. М.—Л., 1923, с. 16.

В 1923 г. Холдейн получил предложение занять открывшуюся вакансию преподавателя биохимии в Кембриджском университете, которое он и принял. Однако уже в конце 1925 г. его освободили от этой должности, обвинив в аморальном поведении. Дело было связано с его женитьбой.

Летом 1924 г. научный обозреватель газеты «Дейли Экспресс» г-жа Шарлотта Бурджес, долго добивавшаяся аудиенции у автора нашумевшей книги «Дедал и Икар», встретила наконец с Холдейном. Встреча эта стала для обоих решающей, круто изменив их судьбу. Но сначала Шарлотте надо было пройти через бракоразводный процесс.

Поскольку в Англии середины 20-х годов одно лишь обвинение в супружеской неверности не рассматривалось как достаточное основание для развода (нужны были свидетели и вещественные доказательства, подтверждавшие факт измены), Холдейн был полон решимости доказать «факт нарушения супружеской верности замужней г-жой Ш. Бурджес» по всем требованиям британского судопроизводства. Холдейн понимал, на что идет, и поставил в известность вице-президента Кембриджского университета о предстоящей скандальной истории.

К февралю 1925 г. необходимые приготовления были закончены. Холдейн и его будущая жена наняли сыщика, который, якобы в качестве носильщика, сопровождал их в заранее снятый номер лондонского отеля. По словам Холдейна, сыщик появился, когда только светало, и в руках у него были выпуски лондонских утренних газет со всеми подробностями прошедшей ночи. Таким образом, формальная сторона дела была соблюдена. Шарлотта получила развод и была свободна для новой жизни. Они прожили с Холдейном 20 лет.

За разводом последовал скандал, который Холдейн предвидел заранее. Обычно преподаватели, уволенные из университета по мотивам аморального поведения, переходили на работу в высшие учебные заведения, отличавшиеся менее «щепетильными» нравами, чем Кембридж, но Холдейн решил действовать по-другому. Он подал апелляцию. Симпатии прогрессивно настроенной части профессуры были на его стороне. Совет старейшин — так называемая «шестерка мудрецов», в состав которой входили крупнейшие ученые Англии (Бертран Рассел,



*Холдейн с женой Шарлоттой
(1938)*

Уильям Брэгг, Уолтер Флетчер, два члена Лондонского королевского общества и один член парламента), — признал апелляцию Холдейна справедливой, и в 1926 г. его восстановили на работе.

Вся эта история широко комментировалась прессой. С тех пор за Холдейном закрепился ярлык «скандалиста», «неуживчивого», «чудака-правдоискателя». Тем не менее исход дела в пользу Холдейна оказался поворотным пунктом во взаимоотношениях администрации и профессуры: с тех пор она не вторгалась в личную жизнь преподавателей.

После женитьбы Холдейны отправились в путешествие по Италии, Швейцарии и Швеции; в Стокгольме летом 1926 г. Холдейн выступил на Всемирном конгрессе физиологов и на себе продемонстрировал симптомы, вызываемые интенсивной вентиляцией легких (аналогичный доклад был им прочитан позднее в Москве осенью 1928 г.).

Холдейн был глубоко убежден, что экспериментатор не может полагаться на данные, полученные от подопытных животных, «поскольку они, животные, будь то собака или кролик, не в состоянии засвидетельствовать наличие головной боли, нарушение функций сенсорного аппарата, к примеру обоняния. В этом, — писал Холдейн, — я имел возможность убедиться при опытах, поставленных на самом себе».

О своем отношении к такому «самоэкспериментированию» он рассказал в известном научно-популярном очерке «Сам себе я кролик» (1927), где подвел итоги серии экспериментальных исследований, проведенных в 1922—1927 гг.

По возвращении в Кембридж Холдейн одновременно с научными исследованиями ведет в университете напряженную преподавательскую работу (лекционная нагрузка составляла от 20 до 30 часов в неделю, не считая административных обязанностей; кроме того, он еженедельно проводил до десяти частных занятий).

У Холдейна был свой взгляд на то, каким должен быть лекционный курс, как должна строиться исследовательская работа кафедры. Он придерживался мнения, что главная задача всякого университетского курса — научить студента мыслить, а следовательно, ему нужно предоставить наибольшую свободу для самостоятельных занятий. Постоянный контроль со стороны старших, переходящий в опеку, по глубокому убеждению Холдейна, отрицательно сказывается на творческой индивидуальности студентов.

Параллельно с работой в Кембриджском университете Холдейн вел исследования в Лаборатории генетики растений при Институте садовых культур имени Джона Иннеса. Еще в 1927 г. он возглавил эту лабораторию, однако, когда в научном совете появились разногласия по поводу основных направлений работы, Холдейн охотно согласился на предложенное ему совместительство в Королевском институте физиологии, где проработал в должности профессора с 1930 по 1932 г.

В научном отношении весь кембриджский период характеризуется интенсивным интересом Холдейна к изучению кинетики ферментативных (энзиматических) реакций, к вопросам эволюции живой материи (первое из десяти сообщений, посвященных обоснованию естествен-

ного и искусственного отбора, было опубликовано им еще в 1924 г.), к проблеме происхождения жизни на Земле, к которой Холдейн возвращался в дальнейшем неоднократно в своих специальных работах.

Десятилетний этап научно-исследовательской и преподавательской деятельности в Кембридже завершился двумя монографиями: «Энзимы» (1930), которая сыграла важную роль в развитии теоретической и прикладной биохимии, и «Факторы эволюции» (1932), в которой, в частности, на основе расчетов показан темп эволюционного процесса.

Обе книги — итог многолетних исследований Холдейна в области математического обоснования кинетики ферментативных (ферментоактивных) процессов, эволюционной теории Дарвина и учения Менделя в свете научных достижений последних лет.

К этому времени Холдейн уже признан современниками одним из ведущих генетиков в мировой науке.

Поворотным пунктом в жизни Холдейна, в эволюции его научно-философских и общественно-политических взглядов от буржуазного радикализма к марксизму стал 1928 г. В сентябре этого года по личному приглашению академика Н. И. Вавилова Холдейн посетил Советский Союз. С момента знакомства в 1913 г. в лаборатории генетика Бэтсона между Холдейном и Н. И. Вавиловым завязались дружественные отношения. В последующие годы они не раз встречались на международных съездах и конференциях и весьма симпатизировали друг другу.

Пребывание в Стране Советов произвело огромное впечатление на Холдейна. Он получил возможность ознакомиться с работой многих научно-исследовательских учреждений Москвы и Ленинграда, в частности со Всесоюзным институтом растениеводства и его уникальной коллекцией культурных растений; его интересовала постановка образования и система воспитания в школах, средних и высших учебных заведениях, деятельность различных звеньев культурно-просветительной сети; он был принят в Наркомате просвещения, посетил ряд учебных заведений, библиотек, книжных магазинов, встречался со студентами, рабфаковцами, учеными. Холдейна поражали грандиозные успехи, достигнутые страной, ее наукой и культурой за столь короткий исторический срок.

В Москве Холдейн выступил с докладом перед учеными-физиологами. Об этом выступлении рассказывает в своих воспоминаниях академик В. А. Энгельгардт:

«Запомнилась на всю жизнь моя первая встреча с Холдейном. 1928 г., большая аудитория физиологического корпуса МГУ; идет заседание Московского физиологического общества, где наряду с несколькими другими докладами стояло сообщение Холдейна о механизмах кислотно-щелочного равновесия в организме. Эта область, которая в то время еще только зарождалась, приобрела потом весьма широкое значение; мы были в ней совершенно новичками.

Суть доклада Холдейна сводилась к тому, чтобы показать, как путем усиленной, вернее, доведенной до предела, вентиляции легких (гипервентиляции) чрезмерное удаление углекислоты ведет к сдвигу кислотно-щелочного баланса и вызывает защелочение в организме. Мы были готовы к тому, что нам покажут опыт на кошке, кролике или собаке, опыт, оснащенный замысловатой аппаратурой респирометров, рН-метров и т. д. Но Холдейн был полностью верен себе, принцип «сам себе кролик» господствовал в полной мере.

В аудитории по просьбе Холдейна стояла обычная черная доска для мела. К моменту, когда по ходу доклада наступило время для экспериментальной демонстрации, Холдейн, с пустым химическим стаканом в руке, зашел за доску и спустя минуту-другую вернулся, держа в руке стакан, наполовину наполненный соломенно-желтой жидкостью. Поставив стакан, он сел на стул и начал делать вдохи и выдохи предельной глубины и силы. Эта нагрузка продолжалась минут пять или больше. Затем, взяв другой стакан, Холдейн, пошатываясь от усталости, снова ненадолго исчез за доской. Вынесенный стакан с другой пробой исследуемой жидкости был поставлен рядом с первым, и Холдейн попросил прибавить в оба стакана необходимое количество индикатора. Эффект был очевиден для каждого: слабо-кислая реакция в первой пробе, явственно-щелочная после нагрузки — во второй. Сила впечатления была чрезвычайна, такую лекцию с правом можно было считать образцом педагогического воздействия.

Холдейн закончил лекцию блестящим изложением особенностей тех тонких и слаженно действующих меха-

низмов, которые участвуют в регуляции постоянства внутренней среды организма. Слушатели проводили лектора подлинной овацией»⁴.

На родину Холдейн возвратился страстным пропагандистом советской науки и культуры, советского образа жизни. Он писал, что покорен новым общественным строем, восхищался положением науки и системой образования, отмечал, что в области научных исследований по генетике животных и растительных организмов «Россия опередила все страны, за исключением, может быть, США», и полагал, что в ближайшее десятилетие «она обретет лидерство в изучении вопросов наследственности».

Пожалуй, трудно найти другого зарубежного ученого, который так пристально и доброжелательно следил бы за развитием советской науки по всему ее широкому фронту и так неустанно пропагандировал ее. Холдейн первым откликнулся на все выдающиеся события в жизни нашей страны: полет первых советских аэронавтов — Усыскина и его товарищей, челюскинскую эпопею, поход «Седова», дрейф папанинской группы и перелет в Америку Чкалова и Громова, запуск первого искусственного спутника, исторический полет первого в мире космонавта Юрия Гагарина и полет Валентины Терешковой. В самом существовании и безопасности Советской державы он видел залог мира и прогресса на Земле.

С особым вниманием и интересом относился Холдейн к исследованиям Н. И. Вавилова. Излагая сущность результатов, полученных Вавиловым и его школой, Холдейн в работе «Предыстория в свете достижений генетики» (1934) подчеркивал теснейшую связь между теоретическими предпосылками и важнейшими выводами практического значения, вытекающими из научно-поисковой деятельности Н. И. Вавилова. «Под влиянием марксистской философии, — писал он, — биологические исследования в России сосредоточены на изучении растений и животных, имеющих важное народнохозяйственное значение. Эти исследования ведутся с огромным охватом и не имеют себе равных в других странах мира...»⁵. По-

⁴ В. А. Энгельгардт. Две встречи с Холдейном. — «Химия и жизнь», 1971, № 3, с. 63.

⁵ J. B. S. Haldane. The inequality of man and other essays. London, 1932, p. 71.

дробно изложив содержание работы Н. И. Вавилова «Центры происхождения культурных растений» (1926), Холдейн в заключение пишет: «Ни один антрополог, желающий приступить к изучению вопроса о происхождении человечества и стремящийся широко охватить проблему, не может пренебречь результатами исследований Вавилова»⁶.

Лондонский период (30—40-е годы)

Лондонский университетский колледж

В конце 1932 г., незадолго до переезда в Лондон, Холдейн был избран членом Лондонского королевского общества.

В это время в Лондонском университетском колледже произошла реорганизация кафедры прикладной статистики, которой с 1895 г. руководил Карл Пирсон — известный ученый в области математической статистики и биометрии, и на ее базе создавалась кафедра генетики — первая в истории английской науки. Известие об открытии вакансии заведующего новой кафедрой очень заинтересовало Холдейна: уже вполне сложившийся 40-летний ученый, естественно, стремился к полной самостоятельности в своей деятельности.

Мысль о возможности работать в Лондонском университетском колледже была приятна Холдейну еще и потому, что этот колледж принадлежал к числу сравнительно молодых и самых демократических высших учебных заведений страны. Среди его воспитанников насчитывалось немало ученых, внесших большой вклад в мировую науку. Отсюда вышли химик Вильям Рамзай (1852—1916), открывший в конце XIX в. инертные газы — гелий, неон, аргон, ксенон, криптон; физиолог Сидней Рингер (1835—1910), разработавший особый солевой кровезамещающий раствор, которым пользуются во всех физиологических лабораториях мира; физиологи Эрнест Старлинг (1866—1927) и Вильям Бейлис (1866—

⁶ Ibid., p. 77.

1924), которые впервые обнаружили гормон у растений и ввели в науку этот термин; зоолог Эрвин Рей Ланкестер (1847—1929) — создатель современной классификации беспозвоночных и другие видные ученые. Впоследствии Холдейн написал специальную статью, в которой показал вклад Лондонского университетского колледжа в сокровищницу мирового естествознания. Статья была напечатана в «Дейли Уоркер» 14 ноября 1945 г. под названием «Колледж неверующих». Это название закрепилось за колледжем еще с 1827 г., со времени его основания. В отличие от уважаемых Оксфордского и Кембриджского университетов, пишет Холдейн, «колледж неверующих» был приютом для стремящихся к знаниям. Вклад колледжа в науку за столетие, отмечает он, равен вкладу Оксфордского и уступает лишь Кембриджскому.

Ректор колледжа, рекомендуя Холдейна на должность заведующего кафедрой генетики, писал: «Его обширные познания в области биологической химии позволят ему подняться над уровнем чисто морфоописательных исследований и подойти к вопросам генетики с позиций физиологии. Такой подход мог бы пролить свет на особенности действия генов, от которых, в свою очередь, зависит наследственная передача структурных особенностей организмов»¹.

Весной 1933 г. Холдейн с женой покинули Кембридж и переехали в Лондон. 25-летний период работы Холдейна в Лондонском университете характеризуется плодотворной и разносторонней научной и общественно-политической деятельностью. Возглавив кафедру генетики (в 1937 г. она была переименована в кафедру генетики и биометрии), он руководил ею вплоть до отъезда в Индию в 1957 г. Холдейн был доволен переменой обстановки: он очень дорожил традициями, сложившимися на кафедре под руководством таких выдающихся ученых, как К. Пирсон и Ф. Гальтон, которых считал своими учителями.

В начале 30-х годов произошли события, опрокинувшие ход жизни всей Европы: 30 января 1933 г. Гитлер был провозглашен рейхсканцлером Германии. В стране наступил мрачный период фашистской диктатуры. По-

¹ R. Clark. J. B. S., p. 93.

прание элементарных прав человека, разгром демократических организаций, гонения и расправы над прогрессивно настроенной интеллигенцией — все эти «деяния» гитлеризма, в полной мере проявившиеся уже в первые месяцы прихода фашистов к власти, были глубоко ненавистны Холдейну.

Он принял активное участие в судьбе беженцев из Германии, старался найти работу для коллег, спасавшихся от преследований нацистов. Так было, например, с Борисом Чейном, впоследствии лауреатом Нобелевской премии, талантливым 27-летним немецким биохимиком еврейского происхождения, который почти без гроша в кармане приехал в Англию и обратился за помощью к Холдейну. Ознакомившись с его работами, Холдейн устроил его на кафедру знаменитого физиолога Чарлза Шеррингтона (1857—1952). Через несколько месяцев Чейн получил место на кафедре Фредерика Гопкинса в Кембридже, а уже оттуда попал в биохимическую лабораторию Говарда Флори при Оксфордском университете. Чейн считал, что своему успеху в науке он всецело обязан Холдейну. Сам Холдейн, вспоминая об этом случае, писал в «Автонекрологе»: «Как известно, Б. Чейн и Г. Флори получили Нобелевскую премию за работу по выделению пенициллина. Конечно, как это всегда бывает, очень много людей причастно к большому открытию. Я не собираюсь приписывать себе честь открытия пенициллина, но если я могу претендовать хотя бы на полпроцента этой чести, то, очевидно, я спас много тысяч людей».

В сражающейся Испании

Так же горячо Холдейн откликается на политические события последующих лет — захватническую итало-эфиопскую войну 1935—1936 гг. и, особенно, гражданскую войну в Испании. Он выступает на митингах, созываемых Коммунистической партией и другими прогрессивными организациями Великобритании в поддержку республиканской Испании, участвует в формировании Британского батальона Интернациональной бригады, а в 1937 г. становится официальным советником республиканского правительства Испании по вопросам противо-

воздушной и противохимической обороны и по организации службы переливания крови.

В 1936—1938 гг. Холдейн трижды выезжал в Испанию и провел на фронтах в общей сложности восемь месяцев, деятельно помогая республиканцам в борьбе против франкистских мятежников. Впоследствии он писал: «Если бы мне пришлось прожить тысячу лет, я больше всего гордился бы тем, что в новогоднюю ночь 1936 г. был гражданином Мадрида».

Активное участие в борьбе с фашизмом в Испании имело огромное значение для всей дальнейшей жизни Холдейна. «Испанская тема» оставила неизгладимый след в его сознании. Интересны воспоминания о Холдейне, относящиеся к периоду испанских событий, его друга Норберта Винера: «Холдейн, так же как и я, был глубоко огорчен и подавлен новым покушением на свободу в Испании. Через некоторое время он предложил свои услуги Испанской республике и уехал туда, чтобы принять участие в сражениях. Беспомощность большинства антифранкистских партий, при всем благородстве их намерений, произвела на него угнетающее впечатление, и он постепенно начал проникаться симпатиями к коммунистам. Холдейн считал, что только у коммунистов есть ясная цель и четкая программа»².

Он весь был поглощен нелегкой и почетной работой — решением практических задач в налаживании противовоздушной и противохимической обороны. Боевой опыт испанских патриотов он обобщил в книге «A. R. P.» («ПВО»), опубликованной в июле 1938 г. В ней Холдейн резко критиковал правительство Великобритании за медлительность в подготовке страны к обороне против надвигающейся угрозы со стороны гитлеровской Германии. В предисловии к книге он писал: «До сих пор, а времени прошло немало, ко мне еще никто не обратился с просьбой отчитаться. Поскольку я считаю, что уроки войны в Испании — это вопросы жизни или смерти народов Британских островов, я взялся за перо.

Несмотря на крайне напряженное и тревожное международное положение, я надеюсь, что мирным гражданам моей страны не придется пользоваться рекоменда-

² *Norbert Wiener. I am a mathematician. N. Y., 1956, p. 206.*

This Month's Book

A. R. P.

By Prof. J. B. S. Haldane, F.R.S.

Price to public, 7/6 : to ordinary members, 2/6 : to
" B " members, 3/- : to " C " members, 3/6

Haldane proves

(a) that bomb-proof shelter for all is the only thing that can save us in the event of war,

(b) that the Government shows no sign of making any effort to provide such shelter,

(c) that a scheme for complete protection is practicable — it is merely a question of money.

Haldane's scheme

will cost

millions of pounds

but it will save (in the event of war)

millions of lives

including your wife's, your children's, your own

[turn over

*Анонс о выходе в свет книги
Холдейна «А. Р. Р.» (1938)*

циями, изложенными в этой книге, и что им не суждено испытать того, что я своими глазами видел в Испании»³.

Через три месяца после издания книги «А. Р. Р.» («ПВО») в журнале «Nature» (от 29 октября 1938 г.) появилась статья Холдейна «Математика ПВО», где ученый изложил свои расчеты относительно степени защищенности населения больших городов от налетов вражеской авиации, дал количественный анализ возможной смертности от фугасных бомб большой взрывной силы, отметив при этом, что зажигательные бомбы не столь опасны для жизни. В статье, как и в книге, языком математики убедительно показано, что в случае, если правительство примет срочные меры и приступит к строительству бомбоубежищ и траншей, количество жертв среди гражданского населения будет невелико.

Книга «ПВО» вызвала сенсацию. По инициативе Холдейна, начиная с весны 1939 г. газета английских комму-

³ J. B. S. Haldane. A.R.P. London, 1938, p. 11.

нистов «Дейли Уоркер» неустанно и настойчиво призвала к строительству бомбоубежищ. Но правительство всячески препятствовало осуществлению предлагаемых оборонительных мер, мотивируя это тем, что такой вид защиты «снизит моральный потенциал народа». И даже когда вспыхнул пожар второй мировой войны и между Германией и Англией начались военные действия, власти поначалу отказывались использовать станции метро в качестве убежищ, но вскоре под натиском требований жителей Лондона вынуждены были уступить. И когда 14 ноября 1940 г. фашистская Германия обрушила на Ковентри ужасающий бомбовый удар, уже ни у кого не оставалось сомнений в правоте Холдейна.

Холдейн-марксист

Осенью 1938 г. Холдейн вступил в ряды Коммунистической партии Великобритании. Он глубоко изучает труды Маркса, Энгельса, Ленина; с присущей ему страстностью и чувством большой ответственности принимает участие во многих мероприятиях компартии, а вскоре становится одним из самых популярных ее ораторов. С 1942 по 1945 г. Холдейн — член политбюро Компартии Великобритании.

В годы второй мировой войны Холдейн проявил себя как борец и организатор, трибун коммунистической партии и публицист. «Он показал себя мужественным человеком и в Испании, и в борьбе за мир до и после второй мировой войны»⁴, — писал о Холдейне Джон Бернал.

Характерно, что именно в годы, когда Холдейн лицом к лицу встретился с фашизмом, им были подготовлены к печати два обстоятельных труда: «Наследственность и политика» и «Марксистская философия и науки», оба опубликованные в 1938 г.

Книга «Наследственность и политика» (цикл лекций, прочитанных в Бирмингемском университете в февралемарте 1937 г.) посвящена изложению современных знаний о природе наследственности у человека и животных, разоблачению расистских теорий о «высших» и «низших» расах, осуждению фашистских законов о стерилизации

⁴ «Daily Worker», Dec. 3, 1964.

как якобы «гуманной» государственной меры сохранения «чистоты» арийской расы.

Как генетик, историк и социолог, Холдейн доказывает, что биологические различия между расами и расовыми стволами менее существенны, чем между индивидуальностями внутри рас. При определении понятия «раса» Холдейн придерживается диалектико-материалистических позиций, подчеркивая недопустимость одностороннего подхода, а именно — переоценки значения фактора наследственности или среды либо, наоборот, недооценки роли одного из этих факторов. Он резко отрицательно относится к теории фиксированных расовых признаков и теории чистых рас, считая, что расы, как и всякая историческая категория, подвержены изменениям во времени в зависимости от изменившихся биологических, экологических и социальных условий.

Холдейн был глубоко убежден, что расовая принадлежность не играет сколько-нибудь заметной роли в формировании психических особенностей личности. Он подчеркивал, что, поскольку данные морфологии человека оказались не в состоянии подтвердить концепции расистов о разделении народов на «высшие» и «низшие» расы, единственным их средством для пропаганды своей идеологии остается попытка обосновать умственное превосходство белых над черными и цветными. Опровергая и этот тезис расистов, Холдейн пишет: «Мы давно свыклись с мнением об умственном превосходстве европейцев, и в связи в этом нелишне привести высказывание писателя-мавра Саида из Толедо, жившего 700 лет назад. В той части своего труда, где он описывает жителей района севернее Пиренеев, предков нынешних англичан, Саид из Толедо замечает: «Это люди холодного темперамента, которым несвойственно достигать интеллектуальной зрелости. Они лишены острого ума и способности проникать в сущность явлений». Такое суждение могло быть оправдано с эмпирической точки зрения: в тот период в Толедо изучали тригонометрию, а в Европе человека считали образованным, если он добрался до пятой теоремы первой книги Евклида»⁵.

Весьма скептически относился Холдейн к технике проведения сравнительных исследований для определе-

⁵ J. B. S. Haldane. Heredity and politics. London, 1938, p. 128—129.

ния интеллектуальных качеств отдельных народов посредством различных тестов: «Поскольку все эти тесты разработаны белыми, надо полагать, что они и рассчитаны на то, чтобы показать некоторое превосходство белых...»⁶. При оценке результатов сравнительных исследований, подчеркивает Холдейн, как раз очень важно иметь в виду такой момент, как неравные объективные условия с явным преимуществом для белых: «Если тесты проводить в обстановке равных экономических и этических условий, результаты тестов могут оказаться не в пользу распороботителей»⁷. Свободный от всяких расовых предрассудков, Холдейн делает вывод: «Расы неевропейского происхождения уступают среднему коренному жителю Европы по уровню интеллектуального развития потому, что первые не имели доступа к сокровищнице европейской культуры и находились в колониальной зависимости от белых»⁸.

В борьбе за разоблачение лживости расизма Холдейн выступает как убежденный сторонник объединения усилий ученых — естественников и гуманитариев. По его мнению, изучение проблемы становления, развития и постепенного исчезновения расы как социального явления — важнейшая научно-политическая задача, стоящая перед всеми естественными и общественными науками. Таким образом, «Наследственность и политика» — это не только глубокая теоретическая работа, это и боевое публицистическое произведение Холдейна.

Изучение трудов классиков марксизма оказало, как не раз отмечал сам Холдейн, огромное влияние на формирование его научной методологии. На собственном опыте он убедился, насколько способствует успешным исследованиям в конкретных областях естествознания серьезное овладение марксистским диалектическим методом. Пример В. И. Ленина, осмыслившего последствия революции в современном естествознании и призывавшего к союзу естествоиспытателей и философов, вдохновил Холдейна на создание книги «Марксистская философия и науки»⁹. «В этой работе, — писал Холдейн, — я стремился приме-

⁶ J. B. S. Haldane. Heredity and politics, p. 148—149.

⁷ Ibid., p. 149.

⁸ Ibid., p. 129.

⁹ Цикл лекций, прочитанных в январе-феврале 1938 г. в Бирмингемском университете.

нить марксизм к научной проблематике современности подобно тому, как это в свое время было сделано сначала Энгельсом, а затем Лениным в 1908 г.»¹⁰.

«После революции 1917 г. нельзя больше сомневаться в важности марксизма, поскольку Ленин был последователем марксистской философии, — пишет далее Холдейн. — И нет никаких сомнений, что Ленин был величайшим человеком своего времени... Изучение философской системы человека, который оказал такое грандиозное влияние на мировую историю, — дело весьма важное... Он был крупным философом, и принципы, разработанные им, составляют фундамент общественного строя Советского Союза; философия Ленина — это основа, на которой базируется деятельность коммунистов в Советском Союзе и в зарубежных странах, а также сторонников марксизма, независимо от того, являются они членами партии или нет»¹¹.

На доступных примерах из области химии, биологии, геологии, истории, археологии, квантовой физики, астрономии и математики Холдейн со всей убедительностью показывает, что диалектический метод позволяет выявить решающие звенья, скрытые в основе исследуемых явлений. Анализируя успехи современного естествознания, он указывает на необходимость философского обобщения новейших данных в свете диалектического материализма.

Холдейн был убежден, что, при всех недостатках, его книга, несомненно, окажет стимулирующее воздействие на умы прогрессивно настроенной интеллигенции Англии и США, в особенности деятелей науки. Он надеялся, что его примеру последуют другие и внесут свою лепту в развитие философии естествознания с позиции диалектического материализма: «Я жду критики и надеюсь, что со стороны писателей-марксистов она будет конструктивной», — писал он¹².

Книга «Марксистская философия и науки» получила высокую оценку ученых, в том числе философов-марксистов. А вот как охарактеризовал ее Н. И. Вавилов: «Вышла недавно книга Холдейна. Это — любопытная фигура,

¹⁰ J. B. S. Haldane. The Marxist philosophy and the sciences. London, 1938, p. 7.

¹¹ Ibid., p. 15—16.

¹² Ibid., p. 29.

член английской компартии, крупный генетик, биохимик и философ. Этот Холдейн написал интересную книгу под названием: „Марксистская философия и науки“. Конечно, буржуазная пресса его разругала, но он настолько талантлив, что, ругая его, им восхищались. Он показал, что диалектику нужно применять умеючи. Он говорит, что марксизм наиболее применим в изучении эволюции, истории — там, где сходятся многие науки; там, где начинается комплекс, там марксизм может многое предугадать — так же, как Энгельс предугадал за 50 лет многие современные открытия»¹³.

Холдейну был чужд замкнутый образ жизни кабинетного ученого. Основной его заповедью была теснейшая связь науки с запросами практики. Он постоянно принимал самое деятельное участие в текущих общественно-политических событиях, охотно откликался на просьбу высказать свои соображения по тем или иным вопросам, представляющим общественный интерес.

Летом 1939 г. его пригласили выступить перед преподавателями естествознания учительских колледжей на тему «Как оживить преподавание биологии в школе». Вскоре была опубликована статья Холдейна, в которой он призывает приблизить постановку и саму систему преподавания биологии в школе к запросам жизни. По его мнению, нужно продумать проект создания двух дифференцированных программ по биологии для средней ступени образования: одну — для городских, а другую — для сельских школ. Они должны отличаться друг от друга, поскольку и образ жизни, и окружающая природная среда, да и будущие практические запросы у городских детей иные, чем у детей, связанных с землей.

Большой общественный резонанс получило первое на английском языке издание классической работы Энгельса «Диалектика природы», подготовленное по инициативе Холдейна и вышедшее под его редакцией в 1940 г. в США. Он также написал к нему небольшое, но очень содержательное предисловие¹⁴ и снабдил перевод многочисленными подстрочными примечаниями и комментарием.

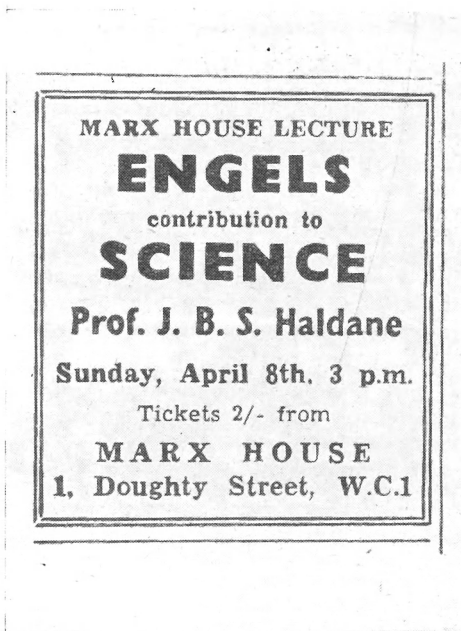
¹³ Из заключительного слова академика Н. И. Вавилова по отчету Всесоюзного института растениеводства на заседании ВАСХНИЛ 25 мая 1939 г.

¹⁴ На русском языке опубликовано в «Природе», 1968, № 9, с. 50—54.

В предисловии Холдейн даёт общую характеристику марксистского метода, при этом указывает на ошибочность распространённого на Западе мнения, будто марксизм применим лишь к общественным явлениям: «Маркс и Энгельс не ограничивались анализом изменений в обществе. В диалектике они видели науку об общих законах изменений не только в человеческом мышлении, но и во внешнем мире, который отражается в человеческом сознании. Иными словами, диалектика применима к вопросам «чистой» науки так же, как и к общественным связям науки»¹⁵. Полемизируя с теми, кто утверждает, будто марксистов не должны интересовать такие проблемы, как проблема таутометрии в химии (перемещение атомов в молекуле) или индивидуальности в биологии, Холдейн ссылается на пример В. И. Ленина, который создал «Материализм и эмпириокритицизм», где не только подверг критике взгляды философов-идеалистов, но и глубоко проанализировал общеполитическое значение открытий в области новейшей физики.

Он особо обращает внимание читателя на то, что Энгельс принадлежал к числу наиболее образованных людей своего времени: «Не следует считать, что „Диалектика природы“ представляет интерес лишь для ученых. Любопытный образованный человек — и в особенности человек, интересующийся вопросами философии, — найдет здесь много интересного... Одна из причин, объясняющих, почему Энгельс был таким великим писателем, состоит в том, что он, по всей вероятности, был одним из наиболее широко образованных людей своего времени. Он обладал не только глубокими познаниями в области экономики и истории, но свободно разбирался в классической латыни, в таких вопросах, как брачное право в Древнем Риме, или мог пускаться в рассуждения о процессах, происходящих в куске неочищенного цинка, погруженного в серную кислоту. Удивительно, что он умудрился накопить столь обширные познания, не будучи по натуре человеком замкнутым, занятым лишь наукой. Ведь наряду с этим он принимал активное участие в политической

¹⁵ Дж. Б. С. Холдейн. Предисловие к первому изданию на английском языке «Диалектики природы» Ф. Энгельса. — «Природа», 1968, № 9, с. 50.



*[Объявление о лекции Холдейна
«Вклад Энгельса в науку» (1945)]*

жизни, стоял во главе промышленного предприятия и даже увлекался охотой на лис!»¹⁶.

Для чего нужны были Энгельсу все эти знания? Они необходимы потому, отвечает Холдейн, что диалектический материализм, основоположником которого он был вместе с Марксом, проливает свет не только на события истории, но на все явления вообще, «какой бы природы они не были: от падения камня до воображения поэта».

В примечаниях Холдейн разъясняет, какие именно положения и факты, приводимые Энгельсом в «Диалектике природы», требуют пересмотра или уточнения. «Нет оснований, — пишет он, — упрекать Энгельса в том, что он ссылается на видных астрономов и зоологов своего времени. Техническое усовершенствование телескопа и

¹⁶ Дж. Б. С. Холдейн. Предисловие к «Диалектике природы» Ф. Энгельса. — «Природа», 1968, № 9, с. 53—54.

микроскопа, конечно, значительно расширило наши представления в этих областях знаний за истекшие 60 лет»¹⁷. Ценность работы составляет марксистский диалектический метод, с величайшим мастерством примененный Энгельсом к естествознанию и его истории. Задачу современного читателя Холдейн видит в том, чтобы «проникнуть в метод мышления Энгельса при разрешении теоретических вопросов в науке». Если бы все естествоиспытатели были знакомы с методом мышления Энгельса, то, подчеркивает Холдейн, переворот в физических представлениях, совершившийся на протяжении последних 30 лет, прошел бы более гладко.

В комментариях Холдейн на основе многочисленных примеров из различных областей современного естествознания продемонстрировал силу научного предвидения Энгельса, убедительно показав, что во многих случаях тот шел впереди своего времени. Ссылаясь на слова Энгельса, что понимание тесной связи между химическим и электрическим действием приведет к крупным результатам в обеих этих областях знания, Холдейн отмечает, что пророчество Энгельса «конечно, полностью подтвердилось: ионная теория Аррениуса произвела переворот в химии, а электронная теория Томсона революционизировала физику»¹⁸. Холдейн также отмечает, что современная атомистическая теория подтвердила мысль Энгельса о неразрывности материи и движения. Трактую солнечную теплоту как отталкивание, Энгельс в общей форме предвидел открытое позднее Лебедевым световое давление. Последующие достижения науки подтвердили правильность общей формулировки закона перехода количества в качество, данной Энгельсом применительно к явлениям неорганической природы. Подтвердилось предположение Энгельса в области кинетической теории газов, равно как и оправдалось его сомнение относительно вечности химических элементов¹⁹. Все это позволяет Холдейну сделать общее заключение: «Энгельс указывал пути, по которым физика действительно двигалась вперед».

Очень интересны комментарии к биологическим разделам книги, где Холдейн разбирает позднейшие открытия в биохимии и микробиологии в свете энгельсовского

¹⁷ Там же, с. 52.

¹⁸ Там же.

¹⁹ Там же.

определения жизни как способа существования белковых тел. Указывал, что Энгельс мог ошибаться в частности, поскольку биохимия в его время не располагала достаточно точными данными, Холдейн подчеркивает правильность общей постановки вопроса. Характерно высказывание Холдейна о том, что если бы замечания Энгельса о дарвинизме получили широкую известность, он лично (т. е. Холдейн) был бы избавлен от некоторых ошибочных взглядов в области теории, и «поэтому, — заключает он, — я от души приветствую издание английского перевода „Диалектики природы“ и надеюсь, что будущие поколения ученых оценят, насколько эта книга поможет им выработать гибкость мышления»²⁰.

Предисловие к «Диалектике природы» Холдейн писал в тревожной обстановке уже вспыхнувшей второй мировой войны. Подчеркивая актуальность диалектического метода для современной науки и политики, он доказывал, что знание положений «Диалектики природы» необходимо всем, кто хочет выработать правильный подход не только к явлениям природы, но и к тем сложнейшим событиям, которые происходят в общественной жизни.

«Ознакомившись с этой философией, — пишет Холдейн, — читатель, интересующийся главным образом вопросами политического или экономического порядка, вновь вернется к области своих непосредственных интересов и обнаружит, что после изучения того, как Энгельс применял диалектику к исследованию явлений природы, он стал более зрелым материалистом, диалектиком, а следовательно, более дальновидным политическим деятелем или экономистом.

Ясность мышления жизненно необходима, если мы хотим разобраться в исключительно сложной обстановке текущего момента, в которой находится все современное человечество, в частности наша собственная страна, и если мы хотим наметить пути построения лучшего мира. Изучение трудов Энгельса поможет нам уберечься от некоторых поспешных и скороспелых решений вопросов, выдвигаемых текущими событиями, и будет способствовать тому, что мы сознательно и мужественно сможем участвовать в великих событиях нашего времени»²¹.

²⁰ Дж. В. С. Холдейн. Предисловие к «Диалектике природы» Ф. Энгельса. — «Природа», 1968, № 9, с. 53.

²¹ Там же, с. 54.

«Наш удивительный Джей-Би-Эс»

Уильямс Раст — основатель газеты «Дейли Уоркер» и близкий друг Холдейна — в своей книге «История „Дейли Уоркер“» писал: «В самый ответственный период борьбы газеты за дело республиканской Испании, когда объединялись усилия демократических слоев Англии против сил фашизма, когда разворачивалась кампания по сбору средств в пользу Республики и формировался Британский батальон Интернациональной бригады, к „Дейли Уоркер“ примкнул профессор Холдейн»²².

Вкладывая огромный труд в организационную и публицистическую деятельность, Холдейн прочно связал себя с газетой английских коммунистов. Когда весной 1940 г. консерваторы якобы с целью укрепления «национальной обороны» провели через парламент ряд законопроектов, направленных против левых и коммунистических периодических изданий, и утвердили закон, разрешающий арест «антинациональных элементов», Холдейн выступил в защиту прав рабочей газеты, заявив, что это — единственный печатный орган, который всегда отстаивает правду. Затем в номере от 8 июня 1940 г. появилось сообщение, что по инициативе прогрессивной общественности страны создан редакционный совет «Дейли Уоркер», поставивший своей целью отстоять право газеты на существование. В редакционный совет, который возглавил Холдейн, вошли: известный драматург Шоп О'Кейси, публицист и ученый Р. Пейдж Арнот, член городского совета г. Манчестера военный инженер Джек Оуэн.

Уже через несколько дней Холдейн как председатель редакционного совета опубликовал заявление под заглавием «В вышестоящих инстанциях нас побаиваются», в котором разоблачил попытки полицейских властей запугать руководство газеты и всячески ограничить возможность ее распространения. 21 января 1941 г., несмотря на протесты рабочих профсоюзов и демонстрации трудящихся, «Дейли Уоркер» была закрыта. Холдейн предпринял все меры для спасения газеты. Сразу же после выступления премьер-министра Великобритании Черчилля

²² *W. Rust. The Story of the «Daily Worker», The People's Printing Society. London, 1949, p. 206.*

22 июня 1941 г. в связи с нападением гитлеровской Германии на Советский Союз он направил ему телеграмму следующего содержания: «В связи с Вашим заявлением о поворотном пункте в войне и задачах всех свободных народов прошу срочно рассмотреть вопрос о снятии запрета с „Дейли Уоркер“». К сожалению, положительных результатов это не дало. Лишь через девятнадцать месяцев, 26 августа 1942 г., «Дейли Уоркер» вновь смогла обратиться к своим читателям.

Будучи председателем редакционного совета в течение десяти лет — с 1940 по 1950 г., Холдейн оказывал огромное влияние на весь стиль газеты. Исключительно требовательный к себе и своим научным работам, Холдейн всегда подчеркивал необходимость принципиальности и точности в изложении научных фактов и в их оценке. В равной мере он зорко следил за всесторонностью информации о текущих событиях, достоверностью фактов и объективностью их освещения.

В течение многих лет каждый четверг на страницах «Дейли Уоркер» появлялись чрезвычайно интересные, научно-популярные обзоры новейших достижений в биологии и смежных науках. Их автором был Холдейн, обнаруживший редкий талант ученого-популяризатора. Благодаря живости, увлекательности, доступности изложения эти статьи (кстати сказать, безгонорарные) принесли ему заслуженную славу лучшего стилиста и мастера научно-популярного жанра. Широко ориентируясь во всем комплексе естественных и гуманитарных наук, Холдейн удивительным образом умел обобщить новейшие научные данные, увязать теоретические проблемы с запросами жизни.

Многие статьи Холдейна, в которых он постоянно заглядывал в близкое и отдаленное будущее человечества, и поныне не утратили своей актуальности. Даже литературные критики из лагеря консерваторов признавали, что Холдейну не было равных по глубине и занимательности изложения сложных проблем.

Научно-популярные очерки Холдейн писал постоянно. Часто именно в популярных статьях он развивал оригинальные идеи, вносил элементы экстраполяции, научного прогноза. Считая популяризацию одной из основных задач ученого, Холдейн так аргументировал свою точку зрения: «Многие ученые убеждены, что их публикации



Холдейн в библиотеке редакции «Дейли Уоркер» (1947)

Должны ограничиваться рамками специальных научных журналов. Однако я придерживаюсь иного мнения и полагаю, что общественность имеет право знать, чем занимаются ученые в лабораториях, поскольку рядовой налогоплательщик своими средствами участвует в работе ученого»²³.

«Нелегкое дело — еженедельно писать научно-популярный очерк для широкого читателя. Однако эта „обязанность“ имеет и свою положительную сторону. С одной стороны, она принуждает меня следить за успехами как смежных наук, так и наук, довольно далеко отстоящих от моей специальности; с другой — вынуждает доступно излагать результаты собственных исследований. Я много раз убеждался в том, что в процессе создания научно-популярного очерка факты и теории согласовываются между собой по-новому. Иногда это приводит к тому, что и в специальных статьях для научных журналов я по-новому подходил к разработке тех или иных проблем»²⁴.

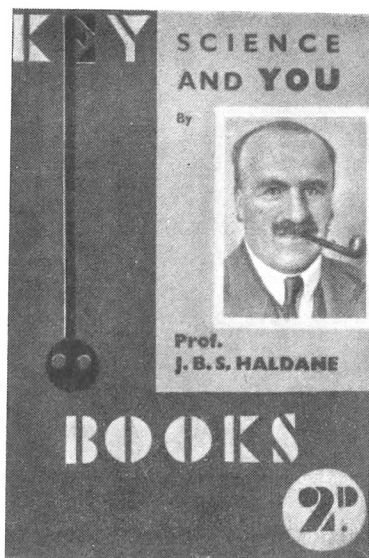
Холдейн пользовался колоссальной популярностью. Среди рабочих и прогрессивной интеллигенции его называли «наш удивительный Джей-Би-Эс» (JBS) — по начальным буквам его имени. Долгое общение ученого с широким читателем столь убедительно продемонстрировало универсальность его познаний в различных областях естественных, технических и гуманитарных наук, что на его имя шел бесконечный поток читательских писем и издательских заказов. В конце концов в ответ он вынужден был написать специальную статью «Я не маг»²⁵. А в другой статье Холдейн охотно раскрыл «секрет» писания научно-популярных статей: «Не следует бравировать своей эрудицией. Не надо также задаваться целью изложить вопрос с такой точностью, которая позволила бы читателю безошибочно воспроизвести какую-нибудь операцию или опыт. Ваша задача — увлечь читателя, возбудить его интерес, но не вдаваться в подробности.

Нужно знать гораздо больше того, что вы изложите на бумаге. Из всех своих знаний следует отобрать тот мини-

²³ J. B. S. Haldane. Possible worlds and other essays. London, 1928, p. V.

²⁴ J. B. S. Haldane. What is life? London, 1949, p. IX.

²⁵ J. B. S. Haldane. A banned broadcast and other essays. London, 1946, p. 9.



Обложка сборника научно-популярных статей Холдейна, опубликованных в «Дейли Уоркер» (1938)

мум, который и поможет вам построить связный рассказ. Многие статьи, которые мне приходилось просматривать, слишком напоминают ответы на экзаменационные вопросы. Создается впечатление, что авторы добросовестно справлялись в руководствах и стремились дать сжатую сводку по своему разделу знания. Такая сводка вполне уместна в учебнике, но она не может приковать внимание читателя научно-популярной статьи, который не расположен всерьез напрягать свой ум.

Это, конечно, не значит, что вы пишете для дураков. Это означает лишь то, что статья должна быть построена особым образом. Нужно постоянно вновь и вновь возвращаться от неизвестных к известным читателю фактам науки, связанным с практическим опытом современного человека»²⁶.

²⁶ Джон Б. С. Холдейн. Как писать научно-популярную статью. — «Природа», 1969, № 8, с. 59.

Оценивая титаническую работу Холдейна в рабочей газете, его благородную роль в научном просвещении трудящихся, У. Раст писал: «Если даже допустить, что единственное назначение „Дейли Уоркер“ состоит в том, чтобы знакомить широкие массы с достижениями науки посредством статей Холдейна, то уже это само по себе имеет немаловажное значение. Статьи Холдейна показали, какую образовательную роль может выполнять газета. С сожалением следует признать, что ни одна газета, не исключая „Таймс“, не может похвастаться такими регулярными статьями научного характера»²⁷.

«Тэтис» и подводная физиология

В 1939 г. после 15-летнего перерыва Холдейн возобновил исследования по физиологии человека в экстремальных условиях. Непосредственным поводом к этому послужила трагическая гибель подводной лодки «Тэтис» во время ее пробного испытания в Ливерпульском заливе.

1 июня 1939 г. в 13 час. 40 мин. «Тэтис» пошла на первое погружение. С буксира, где находились представители приемочной комиссии, были замечены неравномерность погружения и качание корпуса лодки, указывавшие на какие-то неполадки в управлении. По истечении срока пробного погружения лодка не всплыла. Сразу была установлена радиосвязь с берегом и получена радиogramма о высылке к месту аварии нескольких кораблей. В поисках лодки участвовали и самолеты. Только 2 июня в 8 час. утра «Тэтис» была обнаружена на глубине 42,7 м. Водолазы дважды закрепляли вокруг лодки стальные тросы, но каждый раз при попытке спасательных судов поднять лодку они лопались. Очевидно, команда спасательных судов была недостаточно натренирована в подъеме лодок с глубины.

На борту «Тэтис», кроме команды из 53 человек, находились члены приемочной комиссии, инженеры и рабочие строительной фирмы — всего 103 человека. Следует отметить, что экипаж лодки был снабжен спасательными аппаратами Дэвиса, представляющими собой резиновую маску с кислородным прибором, куда выдыхаемый воздух

²⁷ W. Rust. The Story of the «Daily Worker», p. 206—207.



*Спасательные работы по подъему
затонувшей подводной лодки «Тэтис» (1939)*

попадает, пройдя через мешок, заполненный каустической содой, поглощающей углекислоту и восстанавливающей кислород. Надев маску, человек выходит через люк в кормовую спасательную камеру; люк за ним задревается, и камера постепенно заполняется водой; затем открывается выходной люк камеры, и человек выбрасывается наружу. Из 103 находившихся на борту «Тэтис» лишь четверем удалось воспользоваться аппаратом Дэвиса.

Причиной гибели людей, по мнению экспертов, послужили: неудачная конструкция водонепроницаемых дверей, нечеткая работа механизмов, технические неполадки, вследствие которых вода проникла в помещения носовой

части лодки, а также чрезмерно большое число людей, находившихся на «Тэтисе», и их неумение пользоваться индивидуальным аппаратом Дэвиса. Возможно, сыграло роль и отсутствие запасов кислорода в баллончиках. Один из спасшихся сообщил, что люди, по-видимому, настолько обессилели от недостатка воздуха, что уже не могли добраться до спасательной камеры. Наконец, отсутствие на лодке натронной извести для поглощения углекислоты также могло стать одной из причин гибели.

Трагическая судьба «Тэтис» встревожила общественность Англии. Решением парламента была учреждена правительственная комиссия по расследованию причин катастрофы. 6 июля состоялось первое заседание комиссии, а 11 июля для участия в ее работе был приглашен Холдейн. Он должен был решить два вопроса: как воздействует на организм человека длительное вдыхание воздуха с повышенным содержанием углекислоты и была ли возможность у всех находившихся на борту воспользоваться аппаратом Дэвиса.

Уже 13 июля, ознакомившись с материалами по расследованию причин гибели лодки и прослушав показания четырех уцелевших, Холдейн приступил к весьма рискованным опытам по имитации условий, в которых находились люди на борту «Тэтис» незадолго до гибели. Давние связи Холдейна-старшего с фирмой «Зибс и Горман» по производству аппаратуры для подводных лодок облегчили ему организацию опытов.

Сам непосредственно участвуя в экспериментах, Холдейн привлек к ним добровольцев — бывших членов Интернациональной бригады в Испании В. Александра, П. Даффа, Г. Ивза и Д. Рентона. В медицинском еженедельнике «Лансет» от 19 августа 1939 г. он писал: «Я выбрал именно этих людей в качестве своих коллег, ни минуты не сомневаясь в их мужестве и высокой сознательности. Все они обладают истинным духом научного поиска и по своей инициативе протоколировали свое самочувствие, хотя на последних этапах эксперимента их записи страдали некоторой бессвязностью».

Первый опыт был начат 13 июля 1939 г. В 10 час. вечера Холдейн вошел в стальную барокамеру размером 6,5×6,5 футов (1 фут=30,48 см), дверь в которую была затем наглухо задраена. Воздух в камере содержал 2,3% CO₂, что, по расчетам Холдейна, должно было соот-

ветствовать газовой среде на борту «Тэтис» к 10 час. вечера — через 9 час. после погружения. В 8.30 утра содержание CO_2 в барокамере достигло 4,7%, что, по мнению Холдейна, соответствовало составу воздуха в лодке к 5 час. утра. К 11.15 утра воздух содержал уже 5,55% CO_2 . «В этот момент, — писал Холдейн, — у меня была тяжелая одышка, появилась резкая головная боль и резь в глазах от яркого света». После 11.15 нарушения в организме резко усилились и приняли угрожающий характер. В 12.30 один из спасшихся — капитан Орам, который вел наблюдение за ходом опыта через смотровое окно барокамеры, заявил, что состояние профессора Холдейна гораздо серьезнее, чем было у членов экипажа «Тэтис» в момент, когда он, капитан Орам, покинул лодку.

В итоге нескольких изнурительных опытов было установлено, что длительное пребывание в камере с содержанием CO_2 свыше 5% ведет к одышке, резкой головной боли, тошноте и рвоте — при таком самочувствии некоторые члены экипажа были не в состоянии воспользоваться аппаратом Дэвиса. О своих выводах ученый сообщил комиссии. Эксперимент Холдейна со всей убедительностью показал, что инструкция британского адмиралтейства о мерах спасения с тонущих подводных лодок не учитывает некоторых важных физиологических факторов. Результаты опытов Холдейна были опубликованы 21 июля во всех английских газетах. Он стал национальным героем.

В начале августа британское адмиралтейство предложило Холдейну возглавить исследования по определению условий, в которых человек с наименьшими трудностями и опасностью для жизни может покинуть тонущую подводную лодку. Кроме того, по заданию адмиралтейства Холдейн должен был экспериментально подобрать такие дыхательные смеси газов, которые позволили бы эффективно работать на глубине и за более короткое время, по сравнению с действующими нормами, подниматься на поверхность. Полученные данные представляли бы собой весьма ценную информацию и для организации водолазных работ.

Несколько дней спустя Холдейн представил программу опытов, состоящую из одиннадцати пунктов. В соответствии с этой программой, надо было проследить, как раз-

ные люди — тренированные и нетренированные, мужчины и женщины — будут реагировать на резкое изменение давления и газовой среды, температуры и освещения. Особое внимание следовало уделить реакции испытуемых на вдыхание газовых смесей, отличных от воздуха по своему составу и соотношениям, на механический эффект (равномерное объемное сжатие тела) от воздействия высоких давлений и на изменения психической деятельности. Специальная серия опытов была посвящена реакции организма человека на относительно долгое пребывание в условиях низкой температуры водной среды. Более того, надлежало исследовать влияние этих факторов в их различном сочетании: одновременное действие давления, углекислого газа и холода; комбинированный эффект холода и давления, углекислого газа и холода, давления и углекислого газа.

К этим опытам с самого начала был привлечен доктор Мартин Кейс — коллега Холдейна по совместной работе в 20-х годах на кафедре биохимии Кембриджского университета. Все эти годы они поддерживали дружеские отношения, а во время опытов Кейс жил у Холдейна. Надо сказать, что Холдейну и в этом случае без труда удалось подобрать группу энтузиастов, добровольно согласившихся на «адовы муки» в предстоящей серии сложных опытов. Объяснялось это отчасти тем, что после экспериментов, связанных с гибелью «Тэтис», слава ученого достигла апогея и многие почитали за честь работать с человеком, который руководствовался столь гуманными целями.

В состав группы испытуемых входили: 48-летний Холдейн, 25-летняя Элен Сперуэй, ученица Холдейна по кафедре генетики Лондонского университета, а впоследствии, с 1945 г., его жена, врач-физиолог Хуан Негрин (премьер-министр республиканской Испании с мая 1937 г. по февраль 1939 г.), личный секретарь Холдейна Элизабет Ярмин и другие. Начало экспериментов несколько затянулось, во-первых, ввиду задержки с финансированием, которое взял на себя Оксфордский университет, во-вторых, из-за того, что Холдейн уже давно был связан обязательством прочитать курс лекций по вопросам современной генетики в Гронингенском университете (Голландия). Позднее эти лекции легли в основу его книги «Новые направления в генетике», вышедшей в 1941 г.

Вернувшись из Голландии, Холдейн немедленно приступил к опытам, которые должны были происходить на территории фирмы «Зибе и Горман». Члены группы, по совету Холдейна, прибывали по два-три человека, дабы не привлекать внимания посторонних: работы носили секретный характер²⁸. Фирма «Зибе и Горман», известная среди местного населения как фабрика «Нептуния», — самая большая и старейшая в мире фирма по производству подводного оборудования. Это не обычное промышленное предприятие, а своего рода подводный университет с аудиториями, лабораториями, подопытными животными и музеем. Фирма выпускает главным образом дыхательные аппараты для подводников, горняков, летчиков, пожарников и рабочих химической промышленности. Физиологическая лаборатория военноморского флота, приданная «Нептунии», размещалась тогда в особняке на тихой улице небольшого местечка Алверсток, близ Портсмута. Здесь же, в саду, находились бассейны для погружений водолазов и компрессионные камеры.

В предстоящих экспериментах Холдейн ставил перед собой задачу проверить данные, полученные в 1935—1939 г. американскими исследователями, и прежде всего доктором А. Бенке с сотрудниками, о допустимых концентрациях кислорода при дыхании в условиях гермокамеры, а также у водолазов в период декомпрессии.

Впоследствии Холдейн описал обстановку, в которой проводились эти эксперименты: «Мне было поручено изучить физиологические опасности, которым подвергаются водолазы и люди, спасающиеся с затонувших лодок. „Сухие“ эксперименты мы проводили главным образом в камере... — в стальном цилиндре, напоминающем паровой котел длиной восемь и диаметром четыре фута. В камере могли сидеть три человека, но встать там в полный рост

²⁸ А. Бенке и Р. Брауэр в своей работе, вышедшей в 1968 г., отмечают, что большая часть исследований этого периода, связанных с подводной физиологией, все еще не рассекречена. Результаты исследований военного времени были частично рассекречены и опубликованы британским адмиралтейством лишь после января 1970 г. Надо думать, что со временем еще много интересного можно будет узнать об экспериментах Холдейна 40-х годов (см. Haldane and Modern Biology. Baltimore, John Hopkins Press, 1968).

было невозможно²⁹. В одном конце камеры была стальная дверь, открывающаяся внутрь и снабженная резиновой прокладкой, обеспечивающей герметичность. Цилиндр не освещался, внутренняя телефонная связь отсутствовала. Для записей ощущений и переживаний была установлена черная доска. Общаться с внешним миром можно было либо условным стуком или криком, либо поднося записку к смотровому окну...

В нашей распоряжении был также опытный компрессионный бассейн, или, как его окрестили ученые, „котелок“, высотой десять футов и шириной шесть футов, в котором испытуемый подвергался под водой такому же давлению, как на глубинах. При этом можно было стоять, сидеть, лежать или ползать...

Водолазы — порода крепко сбитых людей. Однако, сидя в „котелке“, некоторые из них испытывали мучительную тоску по открытым просторам морского дна. Находиться под водой в темном бассейне и сознавать, что в любой момент можно лишиться сознания и очнуться с раздробленным позвоночником или вообще не очнуться — дело малопривлекательное³⁰.

Следует заметить, что сам Холдейн проделал в «котелке» десятки «погружений». Однажды за 90 сек. он совершил «сухое» погружение на глубину 200 футов, испытав при этом такой перепад давлений, который переносит пилот реактивного самолета при пикировании со скоростью 1200 километров в час. Увеличение давления не вызвало никаких неприятных явлений, но при снижении его с той же скоростью у Холдейна разорвало запломбированный зуб: воздух под пломбой не успел выйти наружу, и, расширившись, разрушил его. Однако все это не помешало ему вести тщательное наблюдение.

Холдейн отмечает, что в плотной атмосфере происходят странные явления: газета, которой начал обмахиваться один из испытуемых, разорвалась на мелкие куски; когда, с трудом преодолевая сильное сопротивление воздуха, Холдейн попробовал помахать над ним куском картона, поток воздуха от картона доходил до него лишь через несколько секунд. В плотной атмосфере насекомые летать не могут, а голос человека меняет тембр.

²⁹ Высота камеры была всего лишь 1,2 м.

³⁰ *J. B. S. Haldane. What is life?, p. 201—202.*

Английская речь настолько искажена, замечает Холдейн, что временами воспринимается как американский диалект. У участников опыта возникал азотный наркоз, проявлявшийся в совершенно ненормальном самочувствии: «Я бормотал бессмысленные слова, мысли путались, всплывали в уме картины детства и лезла в голову всякая чертовщина, которая, казалось, имела для меня в тот момент существенное значение, — описывал свои ощущения Холдейн. — Профессор Хуан Негрин рассказывал, что испытал странное ощущение на губах, будто по ним провели бархатом. Участникам опыта предлагалось перемножить четырехзначные числа. Один почтенный член Королевского общества потратил пять минут на решение двух примеров, причем один из них он решил неправильно, полагая, что ему предложили дурацкое задание. Когда подачу обычного воздуха заменяли смесью четырех объемов гелия и одного объема кислорода (заменяв азот на гелий или водород, как и было впервые предложено А. Бенке), мы через несколько секунд приходили в себя и тратили на решение арифметических примеров одну-две минуты.

Мы испытывали также действие чистого кислорода на организм человека, находящегося под давлением. У подопытных начинались сильные судороги, напоминающие эпилептические припадки»³¹. Однажды Холдейн даже почувствовал вкус кислорода. По его словам, при достаточном количестве кислорода на один кубический сантиметр и давлении в шесть атмосфер, «он приобретает сладкий и вместе с тем кислородный вкус»³².

Элен Сперуэй семнадцать раз опускалась на глубину 90 футов. Один раз она выдержала 88 мин., а в другой уже через 13 мин. у нее начались судороги. У самого Холдейна было два «эпилептических» припадка, причем во время одного из них он повредил себе несколько позвонков. Было установлено, что у разных людей судороги возникают на разных глубинах и что на одной и той же глубине сила судорог у всех различна; женщины оказались во многих отношениях выносливее большинства мужчин. В испытаниях принимали участие пловцы,

³¹ J. B. S. Haldane. What is life?, p. 206—209, 213.

³² Професор Холдейн. Мои эксперименты. — «Британский союзник», 31 января 1943 г.

которым предстояло использовать приобретенные знания в боевой обстановке. Один из них был к тому же профессиональным боксером. В камере у него начались судороги, и он потерял сознание. Очнувшись, спросил: «Кто же это меня?». «Кислородный Пит», — ответил какой-то остряк. Вскоре на стене «котелка» появилась надпись мелом: «Здесь сидит Кислородный Пит». С тех пор, когда в день случалось несколько припадков, говорили: «Сегодня Кислородный Пит в хорошей форме»³³.

Одной из проблем, которыми занималась группа Холдейна, была проблема безопасности водолазов-подрывников в случае, если вражеский воздушный налет застигнет их под водой. За несколько минут между объявлением тревоги и бомбежкой они могли бы успеть подняться на поверхность, но времени на декомпрессию у них при этом не оставалось. Холдейн и Элен Сперуэй испытывали на себе различные воздушно-кислородные смеси, подбирая такую, которая уменьшила бы риск закупорки сосудов пузырьками азота и в то же время не вызвала судорог. Наконец они нашли состав газовой смеси, при использовании которой на декомпрессию при подъеме с определенной глубины требовалось всего 2 мин. (по таблицам, применявшимся на флоте, для аналогичного случая требовалось 47 мин.). В результате водолазы-подводники стали получать запас дыхательной смеси, достаточный для того, чтобы работать на большой глубине и быстро подняться на поверхность. Однако сам Холдейн во время этих исследований стал жертвой одного из экспериментов: пузырек азота проник в нижний отдел спинного мозга. «Несколько дней я испытывал жгучую боль в коже ягодич, — рассказывал он потом. — Постепенно боль сменилась легким зудом и кожа утратила обычную чувствительность. У меня развилась „стулофобия“. Так продолжается и сейчас, уже спустя шесть лет; всегда ношу с собой надувную подушку»³⁴.

Группа Холдейна разрабатывала также методы спасения с подводных лодок, затонувших в арктических водах, что в то время, казалось, имело чисто теоретическое значение. В процессе опытов Холдейн и доктор Кейс, находясь в компрессионной камере, залезали в бак, наполнен-

³³ *J. B. S. Haldane. What is life?*, p. 213.

³⁴ *Ibid.*, p. 215.

ный водой со льдом; давление в камере повышалось, и туда начинал поступать углекислый газ — самая страшная угроза для жизни людей в затонувшей подводной лодке. Холдейн выдержал в ледяной ванне 20 мин. Он установил, что холод лишь незначительно снижает сопротивляемость организма к воздействию углекислоты.

Опыты этой серии с некоторыми перерывами длились в течение марта—июля 1940 г. 22 июля Холдейн и Кейс отправили в адрес адмиралтейства «Отчет о влиянии высоких давлений, углекислоты и переохлаждения на организм человека». В результате адмиралтейство сочло необходимым пересмотреть основные положения инструкции по спасению экипажей затонувших подводных лодок. Адмиралтейством была особо отмечена смелость и изобретательность Холдейна при постановке опытов.

Исследованиями Холдейна заинтересовался командующий подводными силами британского флота: в то время возник вопрос о необходимости использовать карликовые подводные лодки, построенные еще в период первой мировой войны. Холдейну предстояло проверить, может ли экипаж такой лодки, состоящий из двух человек, покинуть ее, когда она находится под водой, преодолеть проволочные заграждения, охраняющие вражеский порт, и, проникнув в него, прикрепить бомбу к корпусу вражеского корабля, а затем вернуться в лодку. В середине августа 1940 г. Холдейн уже обсуждал с командованием программу этих экспериментов и технические вопросы, связанные с конструкцией испытательного аппарата. Наступили наиболее напряженные месяцы работы. В этом отношении очень показательны письмо Холдейна от 27 августа сестре Нейоми, с которой его всегда связывала большая дружба:

«Из бомбоубежища, кишящего комарами
Лондон

Дорогая Нейоми,

Мне очень хотелось бы повидать тебя. Я крайне занят, так как связан срочными обязательствами по разным линиям: «Дейли Уоркер», адмиралтейства, военного министерства и некоторых других военных организаций. Я в основном мечусь между Лондоном и Портсмутом; в столице я занят общественными делами, а в Порт-

смуте — совершенно секретной работой. Гул самолетов тревожит ночной покой горожан. Пока в нашем районе не упало ни одной бомбы. Как ни странно, население в массе своей не проявляет никаких эмоций — ни тревоги, ни отчаяния, ни недовольства. Эти чувства дают себя знать в районах, подвергшихся бомбардировкам, где клянут Гитлера и Андерсона³⁵.

Любящий тебя брат»

В середине сентября Холдейн вместе с Кейсом прибыл в Портсмут на военно-морскую базу. К этому времени была построена из стальных листов модель подводной лодки объемом около 100 кубических футов (размером меньше чем $5 \times 5 \times 5$ футов). Судя по всему, это было крайне неудобное суденышко. Холдейн назвал его «гадким утенком».

Первое кратковременное испытание состоялось 21 сентября 1940 г. в гавани Портсмута. Холдейн и Кейс провели в лодке два часа при открытом и закрытом люке, протоколируя изменения температуры и концентрации углекислоты. На второй день опыты были продолжены. Подъемный кран медленно опустил лодку с задранным люком на дно гавани. Порт жил своей привычной жизнью. Волны от кораблей яростно швыряли лодку из стороны в сторону, в результате балласт, удерживающий ее на дне, оторвался и она оказалась во власти водной стихии. Работа по анализу газов была сильно затруднена, но все же Холдейн и Кейс на протяжении четырех часов вели самонаблюдения, отмечая учащение дыхания, резь в глазах, головную боль и другие симптомы отравления. Затем лодку извлекли из воды. Холдейн писал потом, что дальнейшее пребывание в лодке привело бы к крайне тяжелой головной боли и, вероятно, к рвоте. В такой обстановке можно было бы просуществовать еще всего лишь три часа.

1 октября Холдейн и Кейс вновь прибыли в Портсмут. На этот раз им предстояло пробыть в лодке трое суток. Ее оснастили двумя баллонами с кислородом, аппаратами поглощения углекислоты натронной известью и двумя аппаратами для анализа газов. Все это оборудование крайне затрудняло пребывание экспериментаторов в лодке. Встать

³⁵ Тогдашний министр внутренних дел Англии.



Холдейн (справа) и Кейс в барокамере (1939)

в полный рост было нельзя, а лечь можно было лишь по очереди: пока один лежал, вытянув ноги в спасательную камеру, другой мог только сидеть. Лодка была освещена, и с берегом поддерживалась телефонная связь, хотя и в освещении, и в связи бывали перебои.

После недолгого пребывания на дне в лодку начала просачиваться вода около винта, фиксирующего люк. Течь удалось быстро ликвидировать. Несмотря на то, что была предпринята попытка ограничить движение судов в зоне эксперимента, незадолго до сумерек одно судно прошло недалеко с такой скоростью, что лодку подбросило и часть балласта сорвало. Она оказалась в наклонном положении, что лишило экспериментаторов возможности спать и проводить анализы. Кроме того, на них капали конденсировавшиеся на стенках капли воды, от чего их одежда и постельные принадлежности вскоре отсырели и сами они сильно продрогли. Было решено, что в создавшихся условиях целесообразнее остальное время провести у берега, и подъемный кран стал поднимать лодку. В этот момент начался налет фашистской авиа-

ции на район порта. Кран заклинило, и пока длился налет, лодка с двумя запертыми в ней экспериментаторами раскачивалась в воздухе.

Всю ночь и следующие сутки Холдейн и Кейс продолжали работать по заданной программе, протоколируя данные газовых анализов. Когда, наконец, люк открыли, оба испытуемых были словно одеревеневшие. Позднее Холдейн с присущим ему юмором писал, что даже в случае, если аппарат для газового анализа выйдет из строя, можно, как показал их собственный опыт, «установить резкую кислородную недостаточность путем зажигания спички, а по степени собственной одышки судить о том, насколько хорошо идет поглощение углекислоты натронной известью».

О важнейших данных, добытых столь трудной ценой, Холдейн и Кейс сообщили в лаконичном отчете: «... два человека могут в течение трех дней жить и работать в изолированной среде при наличии кислородного баллона и трёх контейнеров со сжатым воздухом. Они могут жить с несколько меньшими удобствами, не теряя при этом работоспособности, в течение двадцати часов, не прибегая к очистке воздуха».

Спустя два года после описанных опытов, 22 сентября 1943 г. в Каа-фьорде (Северная Норвегия) английские карликовые подводные лодки вывели из строя фашистский линейный корабль «Тирпиц», который регулярно наносил удары по караванам судов с военными грузами, доставляемыми из Англии в Мурманск. Изучение материалов, относящихся к этому времени, позволило раскрыть важную роль Холдейна в разработке самой операции, ее научно-техническом и моральном обосновании; он лично инструктировал экипажи подводных лодок. Впоследствии, вспоминая об этих событиях, Холдейн писал: «Мои коллеги и я принимали самое непосредственное участие в подготовке операции против «Тирпица», в результате которой боевым пловцам удалось подвести бомбы под днище линкора. Это было в Норвегии, вода была ледяная, а им пришлось проплыть значительное расстояние. Дело не из легких; не все вернулись на базу. Надо полагать, что они подверглись бы еще большей опасности, если бы у них был при себе сжатый воздух. При дыхании сжатым воздухом используется, в зависимости от достигнутой глубины, по крайней мере, половина или несколько больше

половины кислорода, содержащегося в баллоне; при этом азот выходит на поверхность в виде пузырьков, которые могут быть тотчас обнаружены противником. При использовании же чистого кислорода и поглотителя углекислого газа можно, будучи ловким и хорошо тренированным и имея специальные приспособления, вовсе не пускать пузырей или свести их объем до минимума»³⁶.

Физиологические опыты продолжались до самого окончания войны. Надо сказать, что нужды военного времени привлекли к исследованиям, связанным с глубоководными погружениями, крупнейших физиологов морских держав мира: Дж. Холдейна (Англия), А. Бенке (США), Л. А. Орбели (СССР), А. Зеттерстрема (Швеция). Характерно, что, хотя работы Л. А. Орбели с сотрудниками были опубликованы лишь в 1944 г.³⁷, исследования по проблемам подводной физиологии погружений и подбора наиболее эффективных дыхательных смесей относятся к 1933—1949 гг., что совпадает по времени с работами Холдейна, который в ту пору писал: «Я глубоко убежден, что до настоящего времени физиологи слишком мало внимания уделяют изучению вопроса о предельных условиях существования человека на глубинах — по крайней мере условий сохранения сознания. Современные физики признательны математикам за разработку методов теоретического обоснования физических открытий. Хочется пожелать, чтобы и физиологи всесторонне изучили воздействие экстремальных условий среды на организм человека до, а не после того, как оно окажется губительным, унеся с собой много жертв, как на войне, так и в условиях мирного труда»³⁸.

В опытах 1939—1945 гг. Холдейн на себе самом, а также на тренированных и нетренированных мужчинах и женщинах убедительно показал, что при повышенном давлении азот оказывает токсическое действие на организм человека, вызывает дискоординацию общих двига-

³⁶ J. B. S. Haldane. Physiological problems at high pressure. — «Aero Medical Society Journal» (New Dehli), 1960, v. 5.

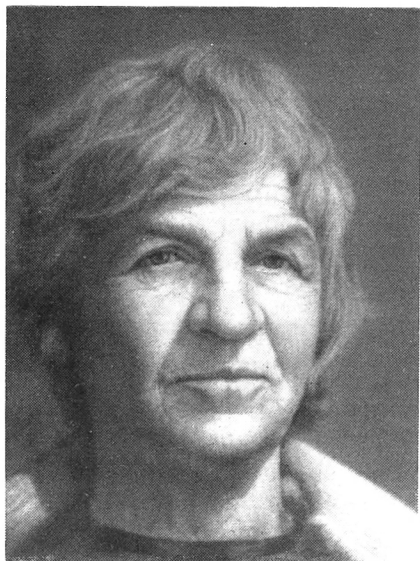
³⁷ Л. А. Орбели, М. П. Бресткин, В. Д. Кравчинский, К. А. Павловский, С. П. Шистовский. Токсическое действие азота и гелия на животных при повышенном атмосферном давлении. — Военно-медицинский сборник, 1944, т. 1, с. 109—118.

³⁸ J. B. S. Haldane. Science advances. London, Allan and Unwin, 1947, p. 248.

тельных реакций, замедляет скорость протекания мыслительных процессов. Он изучил поведение (физиологическое состояние и психологические реакции) испытуемых в условиях резких изменений давления, газовой среды, температуры, освещения при выполнении определенных рабочих операций, тем самым получив представление о пределах человеческой выносливости. Изучив опасность отравления подводников углекислым газом в сопоставлении с опасностью кислородного отравления при использовании аппарата Дэвиса, когда вдыхается чистый кислород, превращающийся при высоком давлении в яд, Холдейн показал, что опасность кислородного отравления в присутствии углекислого газа еще более увеличивается. Все это позволило Холдейну сформулировать основные задачи, стоящие перед глубоководной физиологией: изучение механического воздействия водной среды на организм; исследование токсического эффекта азота и кислорода, а также последствий от вдыхания углекислого газа; выяснение механизма образования пузырьков азота в период декомпрессии; изучение явлений, связанных с переохлаждением организма.

Данные Холдейна, подтвердившие удивительное открытие Бенке и его сотрудников о наркотическом действии инертных газов — азота и аргона — при высоких давлениях, чрезвычайно важны для построения общей теории наркотического действия газов. Холдейн считал, что дальнейшие опыты с такими газами, как криптон, ксенон и метан, весьма перспективны с физиологической точки зрения. Он полагал, что при давлении порядка 20 или более атмосфер наркотический эффект на организм человека могут оказывать также водород и гелий. Эти соображения Холдейна представляют особый интерес в свете достижений последних лет по технике приготовления и использования дыхательных смесей физиологически оптимального состава для работы на глубинах. Подход Холдейна к проблемам подводной физиологии не утратил своей актуальности до настоящего времени.

Интересна оценка научных заслуг Холдейна перед подводной физиологией, данная в речи доктора А. Бенке, с которой он выступил по случаю посещения Холдейном в январе 1947 г. Научно-исследовательского института военно-морской медицины США: «Научные концепции, разработанные Холдейнами — отцом и сыном, и получен-



Нейоми Митчисон — сестра Холдейна (1970)

ные ими данные неколебимо сохраняются под натиском новых экспериментальных методов, включая метод меченых соединений и многие другие вспомогательные методики, доступные современным исследователям». Не мог не упомянуть он в своей речи и о том, в каких невероятно тяжелых условиях, с каким подчас огромным риском для собственной жизни добывал Холдейн научные данные.

Мужество Холдейна-экспериментатора стало легендой; впоследствии в Англии возник термин — холдейнизм, связанный с самоэкспериментированием ученого. Научному подвижничеству Холдейна было посвящено шуточное стихотворение:

Вот кто-то в колбе... В колбу влезть
Кому ж взбрело на ум?
То мистер Холдейн смотрит, есть
Ли в колбе вакуум...

Что там за взрыв и сноп огня,
И снова взрыв — смотри!
То проверяется броня,
А Холдейн там, внутри.

Вот что-то ходит по волнам —
Баркас или дельфин?
Нет, это мистер Холдейн там
Спасает нас от мин.

Вот так — на суше и в воде,
И в синих небесах —
Ученый служит нам везде,
За совесть, не за страх!

«Я обязуюсь...»

В 1942 г. Академия наук СССР, отдавая должное выдающимся заслугам Холдейна в развитии мировой науки — генетики, биохимии, физиологии, биометрии, в пропаганде достижений советской научной мысли, а также учитывая его активную общественно-политическую и публицистическую деятельность, направленную на разгром фашизма, избрала его своим иностранным членом. В ответ Холдейн откликнулся посланием «Я обязуюсь...».

«Шлю самые горячие приветы моим ученым коллегам в Советском Союзе и выражаю надежду, что в результате полной победы над фашизмом мы скоро опять получим возможность мирно сотрудничать на благо человечества.

Пока фашизм не уничтожен, я обязуюсь продолжать свои научные изыскания по разрешению практических проблем, выдвигаемых войной.

И до победы, и после победы, для которой мы работаем, я буду всячески содействовать укреплению союза обоих наших народов, рассказывая моим соотечественникам о великих достижениях советской науки. Я с нетерпением жду того дня, когда снова смогу посетить Советский Союз и этим помочь укреплению связей между СССР и моей родиной»³⁹.

Однако ближайшие послевоенные годы несли с собой

³⁹ «Британский союзник», 31 января 1943 г.

поворот от политики сотрудничества между бывшими союзниками в борьбе с фашизмом к периоду «холодной войны». Сигналом к развязыванию оголтелой пропаганды против советской идеологии, науки и культуры послужила речь У. Черчилля, ставшая программной, с которой он выступил 5 марта 1946 г. в американском городе Фултоне перед слушателями Вестминстерского колледжа (в ту пору бывший премьер-министр Великобритании работал над военными мемуарами и несколько месяцев провел в США, где консультировался с тогдашним президентом Гарри Трумэном и другими политическими деятелями Запада).

Его речь была проникнута «озабоченностью» судьбами западной цивилизации, которой будто бы угрожает прямая опасность новой мировой войны и тирании со стороны Советского Союза и международного коммунистического движения. Черчилль высказывался за применение силы, с тем чтобы задушить рабочее движение в Европе и национально-освободительное движение в ряде стран Ближнего Востока, Африки и Азии. В фултоновской речи впервые прозвучало выражение «железный занавес», которое с тех пор в различных вариантах неоднократно использовалось антисоветчиками в борьбе против стран социалистического содружества.

Холдейн отдавал себе полный отчет в сложности создавшейся политической ситуации и идеологической борьбы на новом послевоенном этапе. Он был крайне озабочен международной обстановкой и ядерным шантажом в отношении СССР и социалистических стран.

Тематика статей Холдейна послевоенных лет отражала острый интерес, который он всегда проявлял, к проблемам взаимодействия между наукой и обществом, организмом и средой. Подчас он склонен был, хотя в гораздо меньшей степени, чем в конце 20-х—начале 30-х годов, переносить закономерности общественного развития в мир биологических явлений и, наоборот, «навязывать» биологические закономерности социальным явлениям. Особенно большое внимание Холдейна в этот период привлекают вопросы наследственности и общей биологии.

В 1948 г. в нашей стране проходила биологическая дискуссия. Буржуазная печать освещала ее крайне тенденциозно и односторонне, преследуя лишь одну цель — дискредитировать советский строй.

Пристально и вдумчиво следил Холдейн за ходом этой дискуссии. Будучи человеком творческим, убежденным материалистом, он рассматривал познание как живой, развивающийся процесс ступенчатого и крайне сложного приближения к истине. Он не терпел ученых, изрекавших истину в последней инстанции. В этом смысле характерно его высказывание, относящееся еще к 1932 г.: «Если бы мои взгляды не подвергались изменениям за последние пять лет, меня можно было бы вычеркнуть из списка живых».

По натуре враждебный ко всякому проявлению догматизма, Холдейн не разделял мнения о непогрешимости и универсальности учения Вейсмана—Менделя—Моргана, усматривая в нем некоторую механистичность, поскольку в те годы это учение еще не было подкреплено успехами молекулярной генетики. Он не мог согласиться с пренебрежительным отношением некоторых представителей классической генетики к роли факторов внешней среды в формировании и изменении природы наследственности организмов. Ему порой казалось, что поток экспериментальных данных, поступающих из лабораторий, не укладывается в рамки учения Менделя—Моргана. Очень внимательно следил он за дискуссиями по вопросам наследственности, проходившими у нас в стране в 1936 и 1938 гг. На первых порах Холдейн восторженно приветствовал работы Т. Д. Лысенко (1940) по яровизации, видя в них новый подход к явлениям наследственности. В значительной мере этот восторг можно объяснить его неудовлетворенностью теоретическим застоєм, который установился к тому времени среди формальных генетиков. Холдейн одобрительно относился к теории стадийного развития растений⁴⁰, признавал, что «теория Мичурина о влиянии прививок у растений на гибридизацию полностью себя оправдала»⁴¹, неоднократно отмечал, что взгляды Лысенко, по его мнению, во многом правильны, особенно в отношении бактерий. Однако Холдейн категорически отрицал основные теоретические положения Лысенко. Так, он не мог согласиться с возможностью глубокого изменения свойств организма под воздействием внешних факторов, с наследованием приобретенных

⁴⁰ J. B. S. Haldane. Science in everyday life. London, 1939, p. 135.

⁴¹ R. Clark. J. B. S., p. 173.

признаков, с отрицанием специфической роли хромосом как материальной основы наследственности, с отрицанием существования внутривидовой борьбы в природе.

Вполне понятно, что новая биологическая дискуссия, развернувшаяся на сессии ВАСХНИЛ в августе 1948 г., на которой подверглись обсуждению основные вопросы биологической науки, вызвала острейший интерес Холдейна.

Осенью 1949 г. в «Modern Quarterly» — философском журнале английской компартии — появилась статья Холдейна, где он отстаивал достижения современной науки о наследственности. Холдейн писал: «... Если бы генетики придерживались приписываемых им взглядов, то их, несомненно, следовало подвергнуть суровой критике...

Я согласен с тем, что теория Менделя страдает некоторой механистичностью. Мне кажется, что организм наследует, может быть, не набор признаков, а способность реагировать на воздействие внешней среды каким-то специфическим образом, в результате чего определенные признаки развиваются в определенных условиях внешней среды. Поэтому неправильно говорить о передаче признака, будь он благоприобретенным или нет...

Современная генетика считает, что процесс наследования зависит от наличия материального субстрата — генов, сосредоточенных в ядре клетки, а также от других внеядерных компонентов. Они воспроизводят себе подобные тела таким образом, что клетка, содержащая гены определенного типа, после деления образует две, содержащие идентичные наборы генов...

Появление гена, не похожего на материнский, называется мутацией. Частота мутаций и направления изменений генов зависят от среды. Частоту мутации можно увеличить изменением температуры, X-лучами, гибридизацией и т. д. Внеядерные образования, участвующие в процессе наследования (некоторые из них могут передаваться путем прививок), видимо, еще легче подвергаются воздействию изменившихся условий внешней среды.

Таким образом, изменения, происходящие в организме, не могут не влиять на гены, а последние в свою очередь, несомненно, влияют на организм в целом. Ни гены, ни организм не обладают самостоятельностью, хотя они относительно независимы друг от друга. Гены, подобно всем

сложным образованиям, являют пример единства противоположностей. Если бы гены реагировали на любое воздействие изменяющихся условий внешней среды, наследственность стала бы невозможной. Если бы гены всегда воспроизводили себе подобные структуры, стали бы невозможными эволюция и даже выведение новых пород домашних животных и сортов культурных растений. 99 из 100 генетиков разделяют это мнение.

В течение первых двух десятилетий нашего столетия ряд генетиков придерживался мнения о немутабельности генов. В настоящее время я не знаю ни одного сторонника немутабельности генов. . .

Я отвергаю обвинение в том, что современная генетика не стремится к установлению причинной связи в явлениях наследственности. Ясно, что те, кто выдвигает подобные обвинения, не принимают во внимание достижений физиологической генетики, целиком посвященных изучению функции генов, а не их статистическому распределению. Вейсман считал возможным лишь спонтанную изменчивость, однако ныне наука допускает, что изменчивость возникает и регулируется под воздействием определенных изменений клеточной среды. . .

Я дарвинист и вместе с тем менделист-морганист. . . Морган и его сотрудники во многом преуспели, показав, что наследственность имеет материальную, а не метафизическую основу. К сожалению, его открытие разделило судьбу многих других новейших достижений науки, подтверждающих материализм. Оно было истолковано с позиций механицизма. Оно часто преподносится в виде комбинированного механо-идеалистического учения. Необходимо вести борьбу с этими искажениями. Однако нет никаких оснований отекаться от здорового, подлинно материалистического и конструктивного элемента, содержащегося в учении Моргана.

Гипотеза о том, что гены или хромосомы являются единственными структурами, ответственными за наследственность, не соответствует действительному положению вещей в науке. Начиная с 1902 г., благодаря работам К. Корренса, принято считать, что внеядерные структуры играют важную роль в наследственности растительных организмов, а в течение последних 15 лет работами Тейссье на дрозофилле и Литтла на мышах показано, что это справедливо и в отношении животных организмов. . .

Следует подчеркнуть, что определение «сторонник менделизма» не однозначно признанию того, что всякая наследственность носит исключительно менделевский характер, т. е. имеет исключительно хромосомную природу, подобно тому как признание теории полярных связей в химии не означает отрицания всяких неполярных связей. Лично я еще в 1924 г. писал о существовании неменделевской наследственности. В том же году У. Бэтсон, апостол менделизма в Англии, писал:

«Мы мало что знаем о деятельности иных частей клетки, кроме хромосом. Мы полагаем, что наличие или отсутствие хлоропластов у растений относится к явлениям внеядерной передачи наследственных признаков. Возможно, истинно специфические признаки сосредоточены в цитоплазме, но пока что это всего лишь чисто умозрительные соображения».

В настоящее время мы уже знаем гораздо больше.

Говорят, что генетика наших дней с таким трудом справляется с попыткой втиснуть новейшие данные науки в рамки современных теоретических построений, что она может надорваться, и лучше уж нам, генетикам, сознаться в этом. Мне кажется, кому-кому, а марксисту нечего этого опасаться.

Гены отличаются значительной стабильностью при своем воспроизведении, иначе эволюция была бы невозможна. В определенных условиях они ведут себя как стабильные единицы, а в других — наоборот. Нелегко заставить зародышевые клетки изменяться таким образом, чтобы последующие генерации генетически отличались от исходных форм...

Каждая наука первоначально основывается на легко воспроизводимых фактах, и добытые ею результаты возводятся в ранг «законов природы». Мы не перестаем верить в реальность существования атомов на том основании, что атом можно расщепить. Нет также никакой нужды отрицать существование генов только потому, что они изменяемы. Напротив, если они были бы неизменяемы, я, как марксист, не мог бы поверить в реальное существование генов...

Я придерживаюсь мнения, что изменения в физических особенностях наследственного материала в значительной степени обязаны внутренним процессам и столкновениям на клеточном уровне...

Необходимо учесть, что в наших основных представлениях еще немало необоснованных идеалистических и механистических построений. Надо принять во внимание явления внеядерной наследственности и возможности, предоставляемые прививкой. Однако нужно учесть, что результаты экспериментальных исследований не могут быть признаны действительными, пока они не опубликованы в такой форме, что могут быть воспроизведены другими исследователями.

Есть все основания усомниться, что какую-либо часть клетки можно рассматривать в качестве единственной материальной основы наследственности. Гены, несомненно, играют активную роль в обычной жизни клетки. . .

Мы, генетики, не безгрешны, и нам присуще ошибаться, но по многим вопросам мы никак не разделяем взглядов, которые нам приписывают»⁴².

В это время Холдейн совершает ошибочный шаг — он выходит из компартии Великобритании. Но до конца своих дней, как писал о нем Д. Р. Кемпбелл, один из старейших политических обозревателей «Дейли Уоркер», Холдейн «был сторонником строительства социализма в Советском Союзе, приверженцем его борьбы за укрепление дела мира и истинным другом советского народа»⁴³. И до конца своих дней Холдейн постоянно интересовался развитием советской науки и широко пропагандировал ее достижения.

Индия

«... Уже в 1918 г. я решил когда-нибудь вернуться в Индию, с тем чтобы жить как равный среди равных в этой замечательной стране», — писал Холдейн.

Для английских обывателей и людей посторонних решение Холдейна покинуть родину было воспринято как «очередной номер» старого чудака. Но для него самого и его жены Элен Сперуэй отъезд в Индию был логически подготовленным шагом.

⁴² «Modern Quaterly», 1949, v. 4.

⁴³ Scientist-antifascist. — «Daily Worker», Dec. 2, 1964.

Несколько причин побудило Холдейна осуществить столь серьезное намерение, коренным образом изменившее всю его дальнейшую жизнь. С одной стороны, им руководили политические мотивы: участие Англии в агрессии против молодой Египетской республики и возмущавшая Холдейна «оккупация» Британских островов вооруженными силами США. Резко отрицательная позиция Холдейна к внешней политике тогдашнего правительства его страны ярко проявилась в таком нашумевшем случае.

Осенью 1956 г. Холдейну была присуждена Антропологическим институтом Лондонского королевского общества мемориальная медаль Томаса Гексли. К тому времени в научной литературе имя и заслуги Холдейна как блестящего ученого и популяризатора науки неоднократно сопоставлялись с именем и заслугами Гексли — мужественного сподвижника Дарвина в борьбе за торжество эволюционной теории. Холдейну был очень дорог образ Гексли, которому еще в 1927 г. он посвятил великолепный очерк (он много знал о нем от отца, с которым Гексли был в близких отношениях).

В приглашении на торжественное заседание, полученном Холдейном, указывалось, что за лекцией, с которой он выступит, и церемонией вручения медали последует обед в зале пэров палаты лордов. Приглашение было подписано президентом Антропологического института лордом Рагланом, который должен был председательствовать на церемонии. Однако приглашение пришло в самый неподходящий момент: дело в том, что накануне палата лордов проголосовала за вооруженное вмешательство в борьбу Египта за независимость.

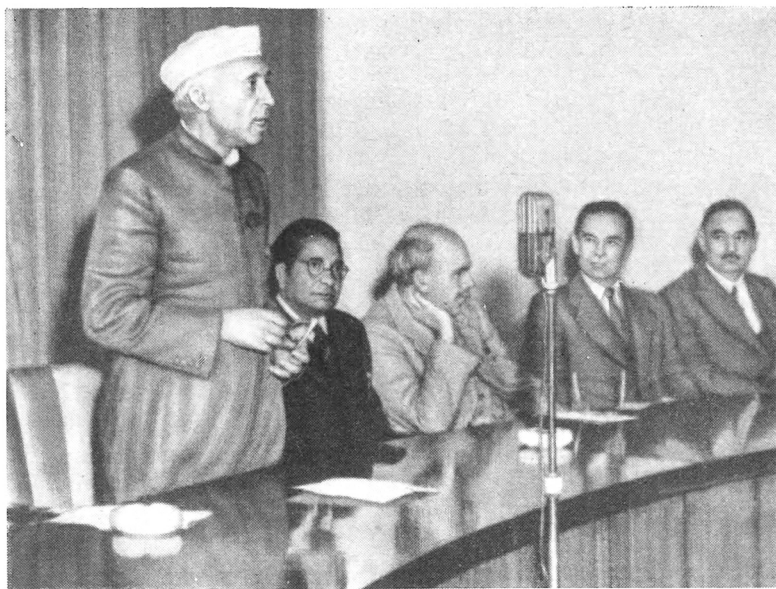
Зная принципиальность и давние антиимпериалистические, антивоенные настроения Холдейна, легко было предвидеть его поведение в сложившейся ситуации. В своем резком письме президенту института он писал: «Исходя из того, что палата лордов проголосовала за ввод английских войск в зону Суэцкого канала, я не только не мыслю прочесть лекцию, но даже не решаюсь показаться в столь омерзительном собрании. Я глубоко убежден, что, намереваясь провести торжественный обед в стенах помещения, где принимаются столь позорные решения, Антропологический институт ставит своих ученых в крайне затруднительное положение перед своими коллегами за рубежом. Если бы руководство института отказалось от

проведения обеда в этом зале, английские антропологи почувствовали бы некоторое облегчение. Как бы то ни было, я вынужден отклонить ваше приглашение».

В ответ лорд Раглан просил Холдейна взять свои слова обратно или хотя бы заменить слово «омерзительное» на «жалкое», иначе он, лорд Раглан, не сможет председательствовать на церемонии. Холдейн отказался, лекция была отменена, церемония вручения медали и торжественный обед не состоялись. Некоторое время спустя Холдейн получил мемориальную медаль через Лондонское королевское общество.

Помимо политических соображений, на решение Холдейна оставить Англию оказала влияние и неудовлетворенность своим служебным положением. Ему крайне надоели постоянные столкновения с администрацией Лондонского университетского колледжа по финансовым вопросам: «выбывание» ставок для научного персонала, денег на проведение экспериментальных работ и аппаратуру. В этой ситуации он неоднократно перечислял гонорары от публикаций и лекций в фонд колледжа на оборудование своей лаборатории и для поддержки отдельных нуждающихся исследователей, которые, по его мнению, могли многое сделать в науке. Например, в 1956 г. весь гонорар за лекцию «Теория эволюции до и после Бэтсона» был перечислен в пользу молодого специалиста — генетика из Индии, а за полемическую книгу «Можно ли считать эволюцию мифом?» — в помощь коллеге по лаборатории.

Его все больше раздражало ханжество и лицемерие тех академических кругов, в которых, желал он того или нет, ему приходилось вращаться. В этом отношении характерен эпизод, связанный с отмечавшимся в 1957 г. 100-летием со дня рождения Карла Пирсона. В заключительной части лекции, посвященной своему учителю, Холдейн сказал: «В наших торжествах я усматриваю элемент ханжества. Думается, что не речами, пышным празднеством и юбилейными обедами следовало бы отмечать эту дату, а возможностью знакомиться с трудами этого великого ученого. Нужно, чтобы в библиотеке нашего колледжа был свободный доступ всех желающих к полному собранию его трудов». Он наотрез отказался от участия в обеде.



Холдейн на заседании Индийского совета развития науки и промышленности. Первый слева — Неру (Нью-Дели, 1960)

Холдейн все серьезнее задумывался над тем, как изменить ход своей жизни. И хотя до пенсионной выслуги оставалось еще два года, он решил покинуть Англию. В эту пору ему уже шел шестьдесят пятый год, но сколько в нем было еще неистраченных сил! Им овладела идея эмиграции в страну, где его способности ученого, организаторский талант, неистребимая жажда обобщать и популяризировать современные достижения науки были бы оценены по достоинству. Такой страной, казалось ему, могла стать Индия, интерес к которой в нем никогда не угасал. К тому же он разделял социально-политические взгляды и поддерживал активную деятельность Джавахарлала Неру — своего давнего друга.

С начала 50-х годов заметно расширились и укреплялись дружественные связи Холдейна с индийскими учеными — генетиками и биологами, специализирующимися в других направлениях. Летом 1952 г. Холдейн побывал в Индии в качестве участника XXXIX Всеиндийского на-

учного конгресса, на котором выступал с докладом «Связь биологии с другими науками». В июле — сентябре 1954 г. он проводил в Индии семинары по вопросам генетики популяций и применения количественного метода в изучении поведения животных, а по приглашению Комитета мира штата Западная Бенгалия прочел в Калькутте публичную лекцию «День Хиросимы». Краткое пребывание его в Индии ранней осенью 1956 г. было связано с научными исследованиями, которые проводились отделом биометрии Индийского статистического института.

Эти поездки научного характера преследовали еще и некоторые «разведывательные» цели, связанные с подготовкой к предстоящему переезду и обоснованию в Индии.

24 июля 1957 г. Холдейн с женой вылетели в Калькутту. Объясняя причины, побудившие его эмигрировать, Холдейн в Лондонском аэропорту заявил представителям прессы: «Я уже в течение долгого времени обдумывал вопрос об эмиграции в Индию. Мое окончательное решение было в значительной степени форсировано агрессивными действиями английских войск в районе Суэцкого канала. Я хочу жить в свободной стране, не оккупированной иностранными армиями, а Англия в настоящее время перенаселена американскими войсками. Еще задолго до кризиса меня пригласили в Индию для постоянной работы в Индийском статистическом институте. Я верю, что в этой стране мне будут предоставлены наилучшие возможности для научных исследований. В Индии много образованных, интеллигентных людей. К сожалению, у них не всегда есть возможность быть в курсе последних научных достижений. Я надеюсь помочь им в этом».

Индийская печать уделила значительное место приезду Холдейна. Так, калькуттская газета «Хиндустан Стандарт» 26 июля опубликовала редакционную статью, в которой говорилось: «Индия сердечно приветствует профессора Холдейна и его жену, которые покинули Лондон для того, чтобы провести в Индии остаток своей жизни. Его заявление о том, что он «хочет жить и работать в свободной стране», совершенно ясно и отдает дань уважения той внешней политике, которую проводит Индия...»

Сама страна, ее природа, та доброжелательность, простота и сердечность, которые он ощущал при контактах с трудовым народом — все это еще сильнее, чем прежде,

пленило его. Ему представлялось, что именно в Индии человек может полностью развернуться, выявить все свое духовное богатство. Именно поэтому, выступая 1 сентября 1958 г. на публичном митинге в Калькутте, организованном Советом мира штата Северная Бенгалия по поводу кончины Фредерика Жолио-Кюри, Холдейн, в частности, выразил пожелание, чтобы Индия предоставила право на жительство дочери Жолио-Кюри, которая, по его мнению, была лишена возможности вести серьезные научные исследования во Франции. Он высказал готовность выделить из своих средств 1000 рупий на обеспечение ее переезда в Индию в случае, если ей будет предоставлена подходящая работа.

Для Холдейна в Индии наступил новый весьма плодотворный период. В соответствии с предварительной договоренностью, уже осенью 1957 г. он приступил к научно-исследовательской работе в Индийском статистическом институте, где вскоре получил должность профессора.

Со всех сторон Холдейна осаждали различные научные общества, высшие учебные заведения с просьбами вести курсы по тем или иным разделам биологической науки, но он вежливо отклонял эти предложения, ссылаясь на то, что решил всецело посвятить себя исследовательской работе. Уже в конце 1958 г. он был введен в состав Всеиндийского совета по научным и промышленным исследованиям — организации, эквивалентной нашей Академии наук. Вскоре руководимая им в Калькутте лаборатория начала частично финансироваться этим советом. Однако не прошло и года, как выяснилось, что творческие планы Холдейна не всегда находят понимание и поддержку у руководства института. Разногласия с директором Индийского статистического института привели к тому, что Холдейн подал в отставку, мотивируя свой шаг тем, что его знания, опыт и энтузиазм не получают должной оценки и не используются в полной мере.

Человек огромного темперамента, Холдейн яростно отдался любому начатому делу, не считаясь с собой, со своим временем, и резко отрицательно относился к людям, мешавшим или тормозившим осуществление этого дела. Как правило, он шел напролом к поставленной цели, не умея приспособливаться к обстановке. Его боялись за острый язык, хотя в то же время преклонялись перед его

огромным талантом ученого, необычайной эрудицией, личным беспримерным мужеством, перед его мировым признанием и славой. Так было в Англии, то же произошло теперь и в Индии.

Через очень короткий срок, в 1961 г., правительство провинции Орисса (восточное побережье Индии) предоставило Холдейну место руководителя лаборатории генетики и биометрии в г. Бхубанесваре.

Биометрия издавна была любимой научной дисциплиной Холдейна. Еще в 1937 г. он возглавил кафедру генетики и биометрии в стенах Лондонского университетского колледжа и занялся исследованием явлений наследственности у различных популяций: мух, жуков, мышей, крыс и человека. О своем интересе к биометрии Холдейн высказывался неоднократно, особенно примечательна в этом отношении его статья «Я — биометрист», написанная еще в 1946 в. В течение многих лет Холдейн разрабатывал специальные методы в области прикладной математики, считая, что биометрические исследования исключительно важны для изучения изменчивости признаков, отличающихся постепенными и почти незаметными переходами. Эти методы основаны на закономерностях чисто математического порядка; они не в состоянии вскрыть самой сущности наследственности без глубокого знания биологической природы явлений, но зато позволяют максимально нейтрализовать элемент субъективности в оценке эмпирических данных при их интерпретации, а также установить скрытую от исследователя внутреннюю коррелятивную связь и объективные закономерности.

Холдейн постоянно ратовал за метод систематических наблюдений в природе и считал его основным в изучении живой материи; особое значение при этом он придавал пониманию физиологической и функциональной роли морфологических признаков. Ему уже давно казался весьма привлекательным образ жизни в уединенном особняке Даун его великого соотечественника — Дарвина; так понятно было свойственное тому тяготению к наблюдениям над малыми формами жизни в естественных для них условиях. Холдейн сам мог долгими часами простаивать в поле, наблюдая за поведением бабочек, опылявших растения, или из укромного уголка следить за тем, как осы строят гнездо. «В 1962 г., — писал Холдейн, — моя жена, доктор Сперуэй, мой коллега К. Дронамраджу и я наблю-



Элен Сперуэй и Джон Холдейн (Индия, 1962)

дали за тем, как осы строят свое гнездо из кусочков грязи. Мы наблюдали за ними по 12 часов в течение 15 дней и регистрировали прилеты и отлеты с точностью до секунды. В результате мы получили весьма обстоятельное представление о передвижении этого насекомого во времени. Было зарегистрировано 955 прилетов и при этом замечено, что оса выполняла девять различных задач. Наша работа потребовала искусной наблюдательности, она способствовала развитию нового мышления. Думается, что на этом пути мы достигнем многого и сможем даже бросить вызов науке экономически более развитых стран»¹.

Холдейн все больше склонялся к мысли, что для обеспечения высокого уровня научных исследований необязательно применять новейшее дорогостоящее импортное оборудование. Он выражал недовольство тем, что в XX в. научная аппаратура оттеснила традиционный подход

¹ J. B. S. Haldane. Science and life. Essays of a rationalist. London, Pemberton Publishers Co., 1968, p. 174.

к изучению животных и растительных организмов, и считал, что можно вполне довольствоваться простыми арифметическими расчетами. Холдейн часто повторял: «Если у тебя есть мысли — действуй, если их нет — прибегай к прибору».

Призывая к гуманности по отношению к животным, говоря о долге человека перед ними, Холдейн утверждает мысль о биологическом единстве всего живого на Земле. «Как убежденный дарвинист, — пишет он, — я основываюсь на вере, что у меня кровное родство с животными; эти отношения родства, конечно, более отдаленные, чем родство с другими людьми, но того же биологического порядка»².

В работах 1957—1964 гг. снова ярко обнаруживаются разносторонние способности Холдейна-естествоиспытателя. В новых условиях он частично меняет направленность своей научной деятельности, связав ее с интересами развития индийской национальной науки, с подъемом сельского хозяйства страны. В письме к сестре от 29 июля 1959 г. он, например, писал: «Сейчас я занят весьма сложными математическими изысканиями в двух направлениях. Если предположения мои подтвердятся, можно будет в некоторой степени повлиять на урожай пшеницы, особенно риса. Мне представляется, что увеличение в Индии урожая риса (возможно, вдвое), не прибегая к удобрениям, машинам, генетике, энтомологии и т. д., может вызвать сенсацию в области прикладной биологии, какой еще не было со времен Пастера».

Огромный диапазон познаний позволял Холдейну участвовать в разработке проблем в самых, казалось бы, не связанных друг с другом областях естествознания. В этом легко убедиться даже из беглого перечня некоторых работ индийского периода: «Математика и выращивание джута» (1958), «Возможности применения статистики в биологии» (1958), «Связь генетики с медициной» (1959), «Мысли об изучении физиологии человека в условиях Индии» (1960), «Проблемы физиологии человека в условиях высоких давлений» (1960), «Зачем надо было отправлять женщину в космос» (1963), «Биологические исследования в развивающихся странах» (1963), «Возможные пути эволюции лактации» (1964) и т. д. Таким образом, в Индии

² J. B. S. Haldane. An Indian perspective of Darwin. — Centenn. Rev. Arts Sci. Mich. St. University, 1959, v. 3, 357.

Холдейн продолжает свои исследования по общим вопросам эволюции, генетики человека и популяций животных, пишет статьи в защиту дарвинизма, рецензии на текущую биологическую литературу. И вместе с тем разрабатывает вопросы экологии растений и животных применительно к Индии; по заданиям отдельных ведомств ведет работы прикладного характера, связанные с особенностями культивирования чая, риса, каучукового дерева. Математические работы Холдейна этого периода также представляют собой вполне самостоятельный интерес.

Своим проницательным аналитическим умом Холдейн умел подмечать закономерности, ускользнувшие от внимания иных его предшественников, всю жизнь посвятивших изучению какой-либо узкой проблемы. Он совместил в себе поистине несовместимое в условиях чрезвычайно дробного разветвления биологических и смежных с ними наук, столь характерного для второй половины XX в.: умение свободно и творчески работать в самых разнообразных направлениях, будучи широко осведомленным во всех новейших открытиях, теориях и гипотезах. Недаром Холдейн причислен к выдающимся ученым современности, ученым-синтетикам, ученым-энциклопедистам.

С большим энтузиазмом создает Холдейн генетическую школу из индийских национальных кадров. Личным примером увлекает он студенческую молодежь, прививая своим ученикам вкус к работе в полевых условиях, к наблюдениям. По словам доктора Кришны Дронамраджу, в ученики к себе Холдейн стремился брать наиболее одаренных молодых людей, уже получивших подготовку по специальности. Его требования к начинающему исследователю сводились к следующему: молодость, основательные знания предмета (генетики), склонность к техническому творчеству, изобретательность, большая работоспособность, навык работы с научной литературой, отсутствие догматического мышления и предвзятых концепций в оценке наблюдаемых явлений, умение подмечать события или процессы, ускользающие от внимания человека средних способностей. Последнему качеству Холдейн придавал особое значение. Он всегда стоял на стороне молодых ученых и болезненно переживал несправедливое отношение к ним. Негодовал, когда совместную работу с молодыми коллегами всецело приписывали ему. В 1964 г. Холдейн получил приглашение Национальной академии



Холдейн среди своих учеников (Индия, 1962)

наук США прибыть для получения присужденной ему премии за работы по генетике, выполненные в Индии. В ответе на приглашение он поставил обязательным условием, чтобы премия была поделена между ним и четырьмя учеными-индийцами, сотрудниками его лаборатории; в противном случае он от премии отказывался.

С огромным интересом и уважением относился Холдейн к индийской культуре, к ее древней истории. Выступая перед национальной индийской аудиторией, он всегда стремился подчеркнуть богатое духовное прошлое страны. В лекциях, научно-популярных статьях и сообщениях, которые он делал на заседании Общества естествоиспытателей, Холдейн ссылается на индийских авторов и индийские источники; вводит индийскую терминологию в работы по экспериментальной психологии, биологии, антропологии, истории религии. Например, в работе 1960 г. «Эволюция сознания» говорится: «Одним из идеалов человека является „атараксия“, или „мокша“, что на языке хинди означает безразличие к раздражителям внешней среды».

Постепенно древняя история Индии, ее религиозные и философские системы все сильнее увлекают Холдейна. Он приступает к изучению корана, философии и теологии индуизма, учения Будды, которого сравнивает с Христом (в этом отношении показательна его работа «Дохристианские религии в Европе»³); с юношеской энергией упорно овладевает санскритом, собирает материалы, связанные с древними сказаниями, легендами, мифами, глубоко изучает древнюю индийскую литературу.

Его феноменальная память удерживала весь колоссальный запас знаний в области классических языков, литературы и истории древнего мира, который он приобрел в студенческие годы. Теперь, сохранив свою необычайную способность к языкам, он вслед за санскритом изучает хинди и на нем может декламировать индийские сказания. Он мгновенно запоминал имена мифических героев, легко узнавал их скульптурные изображения. С живостью обсуждал подвиги индусских богов и, сопоставляя приключения Геркулеса и Кришны, любил отыскивать черты сходства между греческой и индусской мифологией.

В своих статьях Холдейн также пытался установить своеобразный параллелизм в развитии культур Востока и Запада. Он усматривал, например, много общего между старой системой образования в Оксфорде и Кембридже, с одной стороны, и тем, что существует в старых брахманских деревнях провинции Орисса. Идея духовного сближения народов во имя мира, добра и братского взаимопонимания глубоко волновала Холдейна. По свидетельству видного индийского ученого Н. К. Паниккара, «его главным тезисом было уважение к исторически сложившимся нравам и обычаям народов в разных частях света, какими бы они ни были, — в противоположность традиционной английской привычке отвергать все неанглийское»⁴.

Отдавая должное рационалистическим и диалектическим элементам в таких древнеиндийских религиозно-философских системах, как буддизм, Холдейн выступал против догматического возведения их в число определяющих компонентов культурного наследия. Его интересовала проб-

³ *J. B. S. Haldane. The pre-Christian religions of Europe. — «Bull. Ramacrishna Mission Inst. Culture», 1958, v. 9, p. 129.*

⁴ «*Science reporter*» (New Dehli), Haldane Number, 1965, v. 2, p. 477.

лема внешних воздействий на развитие национальной культуры. Он был убежден, что расширение взаимных контактов способствует духовному обогащению народа, более глубокому восприятию мира. Он увлеченно пишет о перспективности принципа взаимопроникновения и синтеза культур как факторе образования единой человеческой культуры. Эти взгляды Холдейна были очень близки взглядам его друга Джавахарлала Неру (1889—1964), проводившего политику консолидации антиимпериалистических сил и укрепления прогрессивных, демократических тенденций в идеологии национально-демократического движения. Однако в рассуждениях Холдейна индийского периода о непротивлении злу насилием, об умеренности желаний, о всеобщем добре на благо всех проскальзывают мотивы и настроения, обычно объединяемые под названием «толстовства». «Мужчинам или женщинам, — писал, например, он, — достигшим достаточной умственной зрелости, следовало бы отказаться от украшений, нарядной одежды и изысканной пищи, поскольку все это связано с пустой тратой времени, усилий и средств».

Новое во взглядах Холдейна сказывается на его образе жизни, одежде, еде, соблюдении культовых обрядов. Обосновавшись в Индии, Холдейн стал вегетарианцем, с удовольствием сменил европейский костюм на традиционный индийский — панталоны из легкой белой ткани (дхоти) и свободную куртку. Этот костюм был ему очень к лицу и, по всеобщему мнению, придавал величественный вид; носил он его с большим достоинством и гордостью круглый год. Даже на международных научных форумах, проходивших в Англии, Голландии, Италии, Греции, США, он неизменно появлялся в индийском национальном костюме и сандалиях на босу ногу. Осенью 1963 г. он выступал в Гааге на XI Международном конгрессе генетиков. Стояла ветреная дождливая погода. В ожидании рейсового автобуса после одного из заседаний кто-то из делегатов спросил: «Профессор, вам не холодно в такой легкой одежде?». «Нет, прекрасно!» — последовал ответ.

Из далекой Индии Холдейн пристально следил за успехами мировой науки. В апреле 1961 г. 69-летнему ученому довелось стать свидетелем величайшего события в истории человечества — полета человека в космос. Еще в преддверии космической эры Холдейн с позиций физио-

лога, физика и математика внимательно наблюдал за подготовительными работами, связанными с обеспечением безопасности космонавтов. В специальных и научно-популярных статьях он высказал свой взгляд на эту важную сторону предстоящих полетов.

В лекции «Биологические аспекты космических полетов»⁵, прочитанной в июле 1951 г. на заседании Британского общества межпланетных путешествий, Холдейн подробно рассмотрел вопросы, касающиеся особенностей жизни космонавтов в корабле, условий сохранения работоспособности при высадке на другие планеты, а также вопрос о возможных формах жизни, с которыми мог бы встретиться человек на иных планетах.

В статье «Очистка воздуха кабины во время космического полета»⁶ Холдейн полемизирует с английскими учеными Боуманом и Николля, которые утверждали, что максимальная концентрация углекислоты, характеризующая предельную физиологическую переносимость человека, составляет 0,3%. Собственные эксперименты Холдейна в подводной лодке показали, что предельными концентрациями CO₂, вызывающими учащенное дыхание, являются 2,3 и 5%. В последнем случае глубокое дыхание осуществляется уже с трудом и сопровождается весьма неприятными ощущениями. Но «я даже спал, правда, с перерывами, когда концентрация CO₂ доходила до 5%», — пишет Холдейн. Газовые среды в подводной лодке и в космическом корабле, отмечает Холдейн, одинаковы в качественном отношении; отличия заключаются лишь в размерах обитаемой среды, которая в космических кораблях меньше, а также в существовании таких дополнительных факторов пребывания в космосе, как невесомость и ускорение.

Основная проблема в создании нормальных условий жизнедеятельности при длительном пребывании человека в замкнутой экологической системе — обеспечение кислородом и удаление углекислоты. Холдейн считал целесообразным, чтобы будущие космонавты на Земле, в условиях барокамеры, изучили физиологическое состояние при недостатке кислорода и избытке углекислоты.

⁵ J. B. S. Haldane. Biological problems of space flight. — «Brit. Interplanetary Society», 1951, 10 July, p. 154.

⁶ «Brit. Interplanetary Society», 1955, v. 14, p. 87.

Холдейн радостно приветствовал запуск первых советских спутников и посвятил несколько статей выдающимся достижениям советской космонавтики: «Собака на борту спутника», «Успехи наук в изучении поведения человека в космосе и под водой», «Что бы я хотел знать о Юрии Гагарине?», «Доставка на Луну советского вымпела» и др. В статье «Что бы я хотел знать о Юрии Гагарине?» Холдейн высказывает соображения о том, какие требования должны предъявляться к космонавту, и рассматривает организм и психику Гагарина как идеальную модель для успешного орбитального полета: «Гагарин принадлежит к тому ряду героев, которые перед лицом опасностей и физических испытаний сохраняют полное хладнокровие... Характерной особенностью личности Гагарина является гармоничное сочетание отваги и спокойствия... Он отличный, всесторонне развитый спортсмен, человек высокого интеллекта... Его психика слаженно участвует в реализации практических задач...»⁷. Интересно еще одно положение этой статьи: «...Если бы мне пришлось участвовать в отборе космонавтов для полета, я рекомендовал бы отобрать женщину. Мужество типа Гагарина довольно часто наблюдается у женщин...». В заключение Холдейн пишет: «Не случайно сочетание умственных способностей, технической сноровки и необходимого мужества впервые было продемонстрировано и осуществлено именно в Советском Союзе».

В связи с полетом американского космонавта майора Г. Купера 15—16 мая 1963 г. Холдейн написал статью «О вреде избыточного количества кислорода»⁸, где рассмотрел эффект токсического действия кислорода, вызвавшийся в стойком покраснении глаз и хрипоте в голосе космонавта.

На полет Валентины Терешковой Холдейн откликнулся статьей «Зачем надо было отправлять женщину в космос?»⁹. «В результате полета, — пишет он, — было продемонстрировано превосходство советского общественного строя, при котором женщине предоставлена большая степень равенства с мужчиной, чем в какой-либо иной стране».

⁷ Science and Indian Culture. Calcutta—New Dehli. Age Publishers, 1965, p. 128.

⁸ «Daily Worker», July 6, 1963.

⁹ «Daily Worker», June 26, 1963.

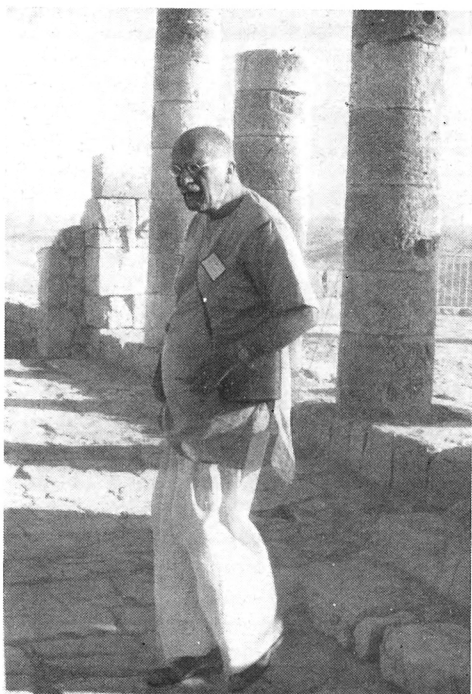
В 1963 г., после космического полета Титова, Холдейн суммирует свои мысли об условиях существования и работы человека в космосе: «Нужно задуматься над тем, как преодолеть силу всемирного тяготения, каким образом можно создать и поддержать температуру, атмосферное давление и необходимый состав воздуха для космических путешествий и как обезопасить человека от воздействий радиации, включая высокую скорость материальных частиц. Способности человеческого организма к температурным адаптациям несколько ограничены, и такое избрание, как одежда, мало что меняет.

Опасность радиации и воздействие на человека частиц высокой скорости являются наименее изученными вопросами... Крайне желательно, чтобы организм космонавтов обладал сопротивляемостью к радиации. Трудно сказать, можно ли выработать такую сопротивляемость у высших организмов, хотя наследственная сопротивляемость к радиации изредка обнаруживается у некоторых бактерий. Возможно, что выходцы из районов Анд или Тибета могут существовать в условиях внешнего давления $1/5$ атмосферы. Если это давление примерно соответствует условиям на Марсе, как предполагают некоторые астрофизики, то будущих колонистов Марса следует готовить из потомков жителей этих районов...»¹⁰. Как видно, полет к другим планетам Солнечной системы ученый считал вполне реальной задачей космонавтики.

В 1963 г. Холдейн получил приглашение принять участие в Международном симпозиуме по проблеме происхождения предбиологических систем, который должен был состояться во Флориде. После симпозиума, по договоренности, он должен был выступить с лекциями в ряде американских университетов. Однако из-за его марксистских убеждений и антиамериканских настроений, о которых он нередко высказывался публично, Холдейну долго не давали визы на въезд в США как «опасному для национальной обороны элементу». Переписка с госдепартаментом США длилась около полутора месяцев.

Эта постыдная история была широко отражена в американской прессе. Прогрессивная печать и отдельные уче-

¹⁰ J. B. S. Haldane. Biological possibilities for the human species in the next ten thousand years. — In: «Man and his future» (Ed. G. E. W. Wolstenholme). London, 1963, p. 355.



Дж. Холдейн (1961)

ные высказали свой протест по поводу такой формы дискриминации. Профессор Джеймс Ф. Кроу, американский коллега Холдейна, 30 сентября писал ему в Индию: «Приглашая Вас прибыть к нам в штат Висконсин с чтением лекций, мы хотели бы подчеркнуть (1) наше глубокое уважение к Вашим научным заслугам и (2) продемонстрировать, что не во всех штатах нашей страны действуют такие законы, как в штате Северная Каролина, которые лишили Вас права на въезд».

Все же Холдейну удалось вовремя прибыть на симпозиум, где он выступил с важным сообщением на тему: «Информация, необходимая для воспроизведения первичного организма».

Незадолго до окончания симпозиума, 16 октября, Холдейн писал Дж. Кроу: «... Из Талахасси я намерен выле-

теть в г. Медисон 31-го. Я уже прочитал несколько лекций в Колумбийском университете об исследованиях моих молодых индийских генетиков и здесь же, в Нью-Йорке, в Рокфеллеровском институте, выступил с сообщением об эволюции генов (в несколько спекулятивном аспекте). Меня слушали с интересом. В другой аудитории, тоже в Колумбийском университете, увлек ученых докладом о математической статистике в приложении к генетике...».

Именно в эти дни Холдейн был вынужден срочно обратиться к врачу-онкологу в маленьком городке Талахасси, расположенном неподалеку от места, где происходили заседания. Диагноз — рак прямой кишки — вскоре подтвердился. Известие о страшной болезни Холдейн встретил со свойственным его натуре мужеством и бесстрашием. Оперировался он в Лондоне в феврале 1964 г., в госпитале Лондонского университетского колледжа. Здесь он преподавал в общей сложности двадцать лет; здесь было много друзей, много встреч с однокашниками по Оксфорду и Кембриджу. Все это несколько скрапивало тяжесть его положения. Всю жизнь экспериментировавший над собой, Холдейн внимательно наблюдал за развитием болезни. В марте он покинул клинику и вернулся в Индию.

Свое отношение к болезни он выразил в шуточной поэме «Не так уж страшен этот рак», по стилю в чем-то созвучной стихам его великого земляка Роберта Бернса. Здесь — и саркастический приговор самому себе, и оптимизм мужественного человека, сознающего, что с его смертью жизнь не кончается:

Поспорь с Гомером, голос мой,
О раке спой кишки прямой,
Сразившем более героев,
Чем пало при осаде Трои...
Наука наших дней, однако,
Пресечь способна козни рака.
Картина шансов не пуста:
Их девяносто пять из ста!..

Дальше в таком же «легком» стиле идет подробное описание симптомов болезни и хода операции, и мудрая жизнеутверждающая концовка:

... Скажу вам напоследок так:
Не так уж страшен этот рак!
Хвала тебе, о Бевен Най¹¹,
Здесь не лечебница, а рай!
Конечно, если только тумор
Не задушил природный юмор.
От рака мрут, но и от пуль,
От автогонок и шилюль.
А боль — и от гнилых зубов,
И неоплаченных долгов...
Больной с известной долей смеха,
Во всем комичное ища,
Вполне способствует успеху,
Успеху своего врача.

Тяжело больной, перенося страдания, о которых можно только догадываться, Холдейн не переставал работать. Он верил, что проживет еще, по крайней мере, пару лет, но врачи знали, что ему оставалось лишь полгода...

В последние месяцы жизни Холдейн любил проводить время в саду. Большое наслаждение получал он, наблюдая за жизнью птиц. Порой ему уже становилось трудно передвигаться. Сидя в раскладном кресле, он просматривал работы своих учеников, давая им советы, знакомился с очередным номером «Journal of Genetics», который был ему так дорог. С этим журналом были связаны самые плодотворные годы работы Холдейна-генетика. Основан журнал был Р. Пеннетом в 1911 г., том самом, когда Т. Г. Морган и его школа экспериментально обосновали хромосомную теорию наследственности. Начиная с 1932 г. Холдейн стал вторым, а с 1945 г. — главным редактором журнала. С переездом Холдейна в Индию перекочевал туда и журнал. В нем регулярно публиковались результаты очередных исследований, проведенных Холдейном совместно с индийскими учеными-генетиками, рецензии на новые книги (в основном за подписью Холдейна), написанные весьма лаконично, со ссылками на множество источников. Они свидетельствуют о научной прозорливости их автора, его глубочайших знаниях, о его высокой требовательности к экспериментальной работе, тщательности и строгости. Объективность в оценке новых пуб-

¹¹ Тогдашний министр здравоохранения Англии.

ликаций нередко сопровождалась саркастическими и ироническими замечаниями, в особенности когда дело касалось привнесения в генетическую науку завуалированного идеализма, антидарвинистских тенденций либо реакционных расистских «вывертов». От зоркого глаза Холдейна ничто не ускользало. Работа главного редактора требовала много сил и времени. Превозмогая боль, Холдейн делал все, чтобы журнал выходил в срок.

К этим последним месяцам жизни относится статья Холдейна «О возможности социальных приложений антропогенетики»¹², написанная по просьбе издательства «Прогресс» для сборника «Наука о науке», выход которого был приурочен к 25-летию книги Дж. Бернала «Социальная функция науки». В этой статье Холдейн связывает будущее биологического развития человека с социальным устройством общества и его дальнейшим совершенствованием.

До конца дней своих Холдейн — человек науки — оставался ее великим тружеником.

Скончался Холдейн 1 декабря 1964 г. в Бхубанесваре.

Еще в 1927 г. в статье «Когда я умру» и в заметке «Мое брэнное тело», относящейся к 1945 г., Холдейн завещал свое тело науке. Это пожелание было подтверждено и его последним распоряжением. Родные и близкие передали тело в анатомический отдел Медицинского колледжа г. Какинада (восточное побережье Индии), где по просьбе покойного его друг доктор С. Н. Саниал исследовал тело и описал затем ход болезни в работе «Лечение случая ракового заболевания путем применения м-ксилогидрохинона».

С прискорбием извещая 2 декабря 1964 г. о кончине профессора Холдейна, правительственная индийская газета «Таймс оф Индия» в статье «С Индией навеки» писала:

...«Мы потеряли искреннего друга. Многие из молодых индийских ученых, которым посчастливилось работать под его руководством, уже успели внести существенный вклад в соответствующие области науки. Мы скорбим об этой потере и сознаем, что если бы он прожил дольше, то подготовил бы еще многих молодых ученых, преданных делу процветания Индии».

¹² Наука о науке. Сб. статей. М., «Прогресс», 1966, с. 179.

В «Автонекрологе», написанном незадолго до кончины, Холдейн предполагал, что он, видимо, не скоро будет забыт: «Я не удивлюсь, если меня вспомнят в связи с каким-нибудь научным открытием. Возможно, в связи с небольшим замечанием, обнаруженным в какой-нибудь забытой статье, кто-нибудь раскопает мои старые писания и воскликнет: „Да ведь это объяснение тому, что я нашел в прошлом году!“... Войти таким образом в историю науки, мне кажется, гораздо приятнее, чем быть упомянутым по какому-то специальному случаю».

И действительно, имя Холдейна часто упоминается в связи с новейшими достижениями в области генетики, энзимологии, молекулярной биологии, подводной физиологии, математической статистики, в частности в приложении к геологическим изысканиям, и т. д. Памяти Холдейна было посвящено специальное заседание XII Международного конгресса генетиков, состоявшегося в Японии в августе 1968 г. Американский физиолог и фармаколог Ральф Брауэр в 1970 г. отмечал, что опыты, имитирующие глубоководное погружение, в которых он выступает одновременно и в роли исследователя, и в роли испытуемого, — прямое продолжение опытов Холдейна, проведенных в барокамере в 40-х годах, и что завещание ученого «не подвергай другого тому, чего не испытал сам» служит золотым правилом медицинского экспериментирования¹³.

В 1966—1970 гг. английское радиовещание и телевидение («Би-Би-Си») организовало цикл передач, посвященных Джону Б. С. Холдейну. Из-под личины якобы беспристрастного повествования о буднях ученого проглядывала совершенно недвусмысленная тенденция дискредитировать его доброе имя. Об этом прежде всего свидетельствует тщательный, тонко продуманный подбор участников радиопередач. Хотя приличия ради и были приглашены поделить воспоминаниями товарищи Холдейна по совместной борьбе с фашизмом, однако их выступления «почему-то» оказались не включенными в программу. Авторы монтажа пытались представить Холдейна как эксцентрика и брюзгу, чудака и позера, из оригинальности всегда и во всем шедшего наперекор общепринятым бур-

¹³ Р. Брауэр. В поисках предельной глубины погружения. — «Природа», 1970, № 8.

жуазным нормам поведения. Весь дух радиотелевизионных передач демонстрирует отчаянное стремление их организаторов дать стереотипное изображение рассеянного профессора, умалить значение его общественно-политической деятельности, его роли ученого-гуманиста, ученого-борца.

В свое время Холдейн не раз конфликтовал с джентльменами из «Би-Би-Си», которые неоднократно отменяли его боевые, полные сарказма выступления на злобу дня. Один из сборников его научно-популярных и публицистических статей так и озаглавлен: «Запрещенное радиовыступление и другие очерки» (1946). Но теперь Холдейн уже не мог ответить клеветникам. За него вступился его друг и товарищ по многолетней совместной работе в «Дейли Уоркер», писатель-коммунист Айвор Монтегю. В статье «Выхолощенный Холдейн»¹⁴ он гневно выступил против искажения образа Холдейна — ученого и гражданина.

«Не в первый раз, — пишет Монтегю, — гигантов культуры, которые непосредственным участием или косвенным образом связали свою судьбу с освободительным движением, борьбой с силами реакции, пытаются представить в ложном свете. Так было в свое время с Теодором Драйзером, Полем Робсоном, Чарли Чаплином, Бертольдом Брехтом, Пабло Пикассо, Анатолем Франсом, Бернардом Шоу и многими другими. Очередной жертвой такой тактики «мастеров от антикоммунизма» стал Джон Б. С. Холдейн...». По словам Монтегю, составители передач стремятся «обезвредить» образ ученого, «отлучив» его от марксизма, от его бескорыстной титанической работы в центральном органе английской компартии «Дейли Уоркер», от самой коммунистической партии. Но правда состояла в том, что Холдейн был цельной, последовательной в своих убеждениях личностью; он был большим гуманистом, во имя благородной цели не останавливающимся ни перед какими трудностями и препятствиями; он был страстным пропагандистом достижений советской науки и культуры, советского образа жизни; он был настоящим марксистом-ленинцем. Его связь с марксизмом была отнюдь не случайной. Философские воззре-

¹⁴ *Ivor Montagu. Filleted Haldane. — «Labour Monthly». March 1969, p. 140.*

ния Энгельса и Ленина были глубоко понятны Холдейну, отвечая его собственным взглядам на науку, ее роль в обществе, на взаимосвязь человека с окружающей природой.

В личной библиотеке Холдейна труды Ленина и Энгельса стояли рядом с трудами Дарвина, Менделя, Гексли, Ганди, Неру и других выдающихся ученых и политических деятелей. К личности Ленина Холдейн питал особенно глубокое уважение. Мужество Ленина, боевой, наступательный дух его произведений, их неиссякаемый оптимизм и жизнеутверждающая сила имели для Холдейна огромную притягательную силу. Когда в 1960 г. редакция журнала «Природа» Академии наук СССР обратилась к ученому с просьбой написать статью к 90-летию со дня рождения В. И. Ленина, он охотно откликнулся. В этой статье, озаглавленной «Великий подвиг»¹⁵, Холдейн как бы подводит итог всему тому, что он, как ученый, почерпнул из сокровищницы ленинской диалектики: «Когда я думаю о Советском Союзе, я всегда думаю о Ленине. Лично мне короткий ленинский очерк о диалектике принес огромную пользу...».

И нет ничего удивительного, что и при жизни, и посмертно Холдейн — его личность, его кипучая общественная деятельность, его боевые публицистические выступления и научно-философские очерки, линия его поведения в науке и политике — продолжает оставаться предметом острой классовой борьбы.

*

В июне 1973 г. в Ленинграде, в зале Института физиологии им. И. П. Павлова, где обычно проходили знаменитые павловские среды, собрались участники симпозиума по проблеме «Физиологические научные школы». Выступление советского профессора Г. П. Конради «Характерные черты ученых — организаторов научных школ» вызвало оживленное обсуждение. Но и после долгих дебатов собравшимся так и не удалось прийти к единому мнению, что же такое научная школа и какими чертами должен быть наделен ее руководитель. Казалось, многие готовы согласиться с формулировкой, предложенной ленинградским профессором В. В. Орловым. По его мнению,

¹⁵ «Природа», 1960, № 4.

научная школа — это круг (совокупность, коллектив) научных сотрудников (специалистов, стажеров, студентов), увлеченных и объединенных разработкой оригинальной гипотезы, нового научного положения, выдвинутого ученым, наделенным, кроме незаурядной способности к теоретическому мышлению, организаторским и педагогическим талантом. Из определения школы следует, что лидер должен быть: а) автором учебника или какого-нибудь капитального руководства, б) редактором или руководителем научного журнала. Такая формулировка приемлема ко многим научным школам, в том числе и к научным направлениям, проложенным Холдейном в генетике, биохимии, физиологии.

Лидер школы, по мнению В. В. Орлова, как правило, наделен, следующими характерными чертами: дар к абстрактному мышлению, концентрация интересов в пределах одной или нескольких проблем, непосредственно или опосредованно связанных между собой, уверенность, деспотичность, некоторая «ненормальность». Думается, все эти черты как бы «списаны» с творческого портрета Холдейна.

Если сочетание таких качеств, как способность к абстрактному мышлению, концентрация интересов в пределах одной или нескольких взаимосопряженных проблем, наконец, увлеченность являются необходимой предпосылкой для наиболее успешного разрешения поставленной научной задачи, то другие индивидуальные черты характера лидера — такие, как деспотичность, самоуверенность, некоторая ненормальность, — порой бывают трудно переносимы его коллегами. Эти свойства руководителя научной школы далеко не всегда способствуют созданию здорового микроклимата и сплочению коллектива научных сотрудников.

Необычайная одаренность Холдейна, его одержимость, почти фанатизм в науке, соединенный, однако, со стремлением всегда соизмерять науку с тем, какую добрую услугу она может оказать прогрессу рода человеческого, огромная сила воли и личный пример брали верх и теснили такие черты его характера, как вспыльчивость, некоторая нетерпимость к сотрудникам, порой замкнутость. Чаще всего его называли «милый кактус» — колкий снаружи, мягкий по натуре.

За ним закрепился и ряд других кличек: «медведь»,

«морж», «волосатый носорог», «буйвол». Себя он однажды сравнил с ушастым тюленем. Внешне Холдейн был человеком очень крупным, физически сильным, несколько неуклюжим и медлительным в движениях, а порой и в речи своей. Тех, кто встречался с ним впервые, поражала удивительно большая голова, голубые глаза и сильный высокий голос, казалось, никак не соответствовавший его титанической комплекции. Люди, близко знавшие Холдейна, с удивлением отмечали его вопиющую немзыкальность. Он не мог различить даже простейшие мелодии, а тем более воспроизвести их. Дело доходило до курьезов: только по тому, как люди, собравшиеся на торжественном научном заседании, внезапно вставали, услышав знакомые звуки, он догадывался, что исполняется национальный гимн, и тоже вставал.

Его любили, многое ему прощали. Знали цену его щедрости, когда дело касалось нужд науки, его гуманность. Он любил молодежь, охотно выдвигал молодых коллег, помогал им (хотя нередко переоценивал отдельных начинающих ученых). Очень многие обязаны ему своим становлением.

Холдейн оставался романтиком до конца своих дней. «Я убежден, — писал он сестре 29 июля 1959 г., — что каждые двадцать лет, или около того, следует рвать со старым, насиженным местом и оседать на новом. А это значит, что примерно в 1977 г. я перееду или в отдаленное высокогорье, или в край стремнин».

А в своем прощальном слове «На пороге вечности» он с сожалением заметил: «Я по-настоящему тоскую о том, что лишь к семидесяти годам я, наконец, располагаю необходимыми средствами для осуществления своей давней мечты — дойти до Франции по дну Па-де-Кале, что, конечно, было бы сопряжено с некоторыми предварительными и весьма интересными физиологическими исследованиями...»¹⁶.

¹⁶ J. B. S. Haldane. Science and Life. London, Pemberton Publ., 1968, p. 203.

Научное творчество

В одном мгновенье видеть вечность,
Огромный мир — в зерне песка,
В единой горсти — бесконечность
И небо — в чашечке цветка.

Уильям Блейк (перевод С. Маршака)

Генетика

Вспоминая о своем первом знакомстве с генетикой, Холдейн писал: «Моя связь с генетикой начинается с 1901 г., т. е. годом спустя после переоткрытия законов Менделя. Мало кто может похвастаться таким внушительным стажем. В 1901 г., когда мне минуло восемь лет, я с отцом присутствовал на дискуссии научного студенческого общества в г. Оксфорде, где прослушал лекцию Дербишера об открытиях Менделя. Мне трудно было все понять, но это было очень интересно. Лишь в 1911 г. я приступил к научным исследованиям по генетике»¹.

Со слов Холдейна известно, что в 1908 г. в библиотеке отца он ознакомился с работой Дербишера, напечатанной в журнале «Биометрика». Он заинтересовался вопросом расположения генов в хромосомах растений и задумался над возможностью обнаружения этого явления у животных. Его сестра Нейоми в эту пору увлекалась разведением морских свинок, и, возможно, поэтому первое исследование Холдейн провел именно на этих животных.

В это время на базе Института садовых культур Джона Иннеса уже была создана школа английских генетиков во главе с Уильямом Бэтсоном (1861—1926),

¹ *J. B. S. Haldane. Biological possibilities of the human species in the next ten thousand years. — In: «Man and his future». London, 1963, p. 337.*

а в Кембриджском университете кафедрой генетики руководил Р. Пеннет (1875—1967).

Свою первую студенческую работу по генетике под несколько претенциозным названием «Сравнительная морфология зародышевой плазмы» молодой Холдейн доложил в 1911 г. в Оксфорде на студенческом семинаре по представлению своего учителя зоологии Е. С. Гудрича, ученика известного биолога Рея Ланкестера (1847—1929). Ободренный успехом Холдейн обратился к Р. Пеннету с просьбой опубликовать это исследование. Пеннет посоветовал провести дополнительные наблюдения, используя при этом не только морских свинок, но и мышей, что значительно задержало завершение работы, по существу направленной на решение центральной проблемы науки о наследственности — расположения генов в хромосомах.

В 1905—1910 гг. в лаборатории выдающегося американского биолога Эдмунда Вильсона (1856—1939) были осуществлены эксперименты, доказавшие, что именно хромосомы определяют формирование мужского или женского пола у организмов. По представлению Вильсона и его учеников (и в первую очередь Томаса Гента Морган), среди хромосом любых организмов можно найти так называемые половые хромосомы, сочетаниями которых определяется, быть ли созревающему организму мужским или женским. Авторы полагали, что в этих хромосомах находятся особые факторы, которые и определяют развитие организма в мужскую или женскую сторону.

Начиная с 1910 г. Морган провел серию классических генетических исследований на великолепной экспериментальной модели — дрозофиле. Удобство работы с этим объектом обеспечивалось двумя главными его особенностями — быстротой размножения (одно поколение *Drosophila melanogaster* можно было получить всего за один месяц) и возможностью работать с огромными количествами организмов (десятками, а подчас даже с сотнями тысяч мух в одном эксперименте). Благодаря этому Моргану удалось довольно быстро прийти к заключению, что гены, контролирующие различные признаки, располагаются не как попало, случайно, а в определенном порядке, закономерно. В одной хромосоме можно было обнаружить одни гены, в другой — другие и т. д. Естественно, что гены, находящиеся в одной хромосоме, передавались при скрещивании единой группой, или, как стали говорить гене-

тики, сцепленно. В частности, гены, передаваемые с хромосомами, определяющими тот или иной пол (половыми хромосомами), получили название «сцепленные с полом».

Однако как обстоит дело с наследованием признаков и определяющих их генов у других организмов (у растений и животных), оставалось неясным. Приложимы ли правила сцепления к ним? Какова количественная характеристика сцепления? Сколько генов образуют одну группу сцепления? Множество вопросов было поставлено генетиками, но чаще всего даже подходов к их решению наметить не удавалось.

Организмы, с которыми начал работать молодой Холдейн, нельзя было назвать ни новыми для генетиков, ни традиционно изучавшимися. Кое-что было про них известно. В течение первого десятилетия XX в. было опубликовано 10 исследований по окраске мышей. Уже через два года после вторичного «переоткрытия» законов Менделя Де Фризом, Корренсом и Чермаком во Франции была опубликована работа зоолога Л. Кэно под интригующим названием «Закон Менделя и наследование окраски у мышей», в которой автор проанализировал характер наследования белой и серой окраски у 198 серых и 72 белых мышей. Хотя экспериментальный материал был невелик, автору удалось отметить, что наследование подчиняется менделевскому моногибридному характеру. Этой теме Л. Кэно в период 1903—1908 гг. посвятил еще пять публикаций.

Вслед за ним исследования по окраске мышей выполнили Аллен (1904), Дербишер (1903, 1904), ученица и сотрудница Бэтсона мисс Дёрэм (1908, 1911). Однако никому из них не приходило в голову попытаться изучить сцепление этих признаков. Дело было даже не в том, что для такой работы требовался огромный экспериментальный материал, но и в отсутствии должного математического таланта. Но именно математический склад ума был сильной стороной Холдейна. По-видимому, у Холдейна был и еще один моральный стимул взяться за разрешение этой проблемы. Дело в том, что его учитель Бэтсон в этот период ожесточенно оспаривал выводы школы Моргана о сцеплении генов. Им были поставлены весьма тонко разработанные эксперименты, из которых следовало, что законы Менделя лишены универсальности. Бэтсон потратил много лет на полемику с приверженцами менделизма



Уильям Бэтсон

и обнаружил наиболее яркие примеры, противоречащие его учению. Скепсис и недоверие к общепринятому в науке были одной из наиболее характерных черт этого большого ученого. По-видимому, Холдейн унаследовал эти особенности научного и житейского характера своего наставника, пронеся их через всю свою долгую жизнь. Он также никогда и ничего не принимал на веру. И если сегодня имя Бэтсона вспоминается не иначе как в связи с подтверждением законов Менделя и открытий Моргана, то именно потому, что углубленное изучение «исключительных случаев» с новой силой подтвердило обоснованность этих революционных открытий.

В своем очерке памяти Бэтсона Холдейн писал: «В течение восьми лет Бэтсон яростно нападал на теорию Моргана. И не потому, что считал ее по сути своей неверной, но потому что был убежден, что она не подтверждена наблюдениями, а также потому что склад его ума и его обширные познания из истории науки воспитали в нем недоверие к пространственным рассуждениям, какими бы убедительными они ни были. Когда представилась возмож-

ность увидеть картину деления, Бэтсон отправился в Америку и вернулся приверженцем теории Моргана, хотя и с некоторыми оговорками и внутренней сдержанностью, которые, я полагаю, в будущем будут в значительной степени оправданы»².

Возможно, что пониманию и восприятию Бэтсоном законов Моргана в немалой степени способствовали результаты, полученные молодым Джоном Холдейном, работавшим в эти годы в его лаборатории и у Р. Пеннета³. Холдейну с соавторами удалось убедительно показать сцепление наследственных признаков у мышей. Мировая война прервала занятия в лаборатории. Холдейн додумывал выводы и дописывал работу уже в окопах. По представлению Бэтсона это исследование было опубликовано в 1915 г. В нем авторы проанализировали данные Дербиспера (1904) относительно характера наследования розовой окраски глаз и альбинизма у мышей и подвергли их тщательной проверке. В результате было установлено наличие сцепления генов окраски волос *C* и темной окраски глаз *E*. Позднее явление сцепления у грызунов, в частности у крыс, было обнаружено и другими исследователями.

С другой стороны, научная страстность, желание и умение работать только на переднем крае, а не «доделывать зады» была заложена в Холдейне не без участия Бэтсона, который «никогда не скрывал своего презрения к второсортному исследованию или второсортным мыслям. В поисках истины он был беспощаден и безжалостен к мнению других, так же как к собственному. Его путь в науку лежал через морфологию, и все его работы отмечены печатью мыслителя-морфолога. Порой непоправимый скептицизм Бэтсона можно объяснить именно тем, что ему были чужды рассуждения, далекие от морфологического образа мышления. Не было случая, чтобы он, если мне в ходе спора удавалось убедительно доказать ошибочность его доводов, не признал свою неправоту. При этом он никогда не упрекал меня, что я несую вздор, хотя

² J. B. S. Haldane. Possible worlds and other essays. London, 1927, p. 137.

³ Во время работы у Бэтсона и Пеннета Холдейн впервые встретился с Н. И. Вавиловым, дружбой с которым он гордился до конца своих дней.

зачастую бывало и так»⁴. Эта характеристика в полной мере приложима и к самому Холдейну.

Следует отметить, что вопрос о сцеплении генов оставался в центре интересов ученого до конца его дней и изучался им на разных объектах (животных и растениях) в соответствии с новыми успехами в отдельных разделах науки о наследственности.

В одной из работ 1919 г. Холдейном была предложена математическая модель кроссинговера и сделаны соответствующие выводы. Все его расчеты были проверены и подтверждены биологическими экспериментами. Предложенный им метод позволял учитывать возможные погрешности и оказался наиболее точным для того времени, а формула Холдейна до сих пор используется в опытах по изучению рекомбинации генов.

В следующем сообщении того же 1919 г. им была разработана формула определения соотношения между расстоянием на карте хромосом и частотой рекомбинаций («картирующая функция Холдейна»). В работе 1920 г. Холдейн обратил внимание на наличие сцепления двух факторов окраски у американской саранчи (*Paratettix taxanus*) при изучении данных Наборса, а в 1921 г. впервые подметил случай частичного сцепления признаков у кур.

Уже в эту пору проявился удивительный талант Холдейна-синтетика, внимательно следящего за развитием всех направлений науки о наследственности и умеющего обобщать данные, поступающие из разных источников.

Из ранних работ Холдейна явствует, что сильнейшей стороной его научной деятельности является блестящее владение математическим аппаратом при анализе любых данных: сцепление генов, нарушение сцепления из-за обмена участками генов — кроссинговера — между хромосомами. Выше уже упоминалось, что формула кроссинговера, выведенная Холдейном, до настоящего дня используется в качестве основного математического аппарата для описания вероятностного обмена генами на определенном участке хромосом. Этот вопрос всегда оставался в центре его внимания. Он последовательно усовершенствовал математическую разработку этого важнейшего вопроса (1944, 1946, 1947) в поисках биологических за-

⁴ J. B. S. Haldane. Possible worlds and other essays, p. 137.

кономерностей кроссинговера у различных организмов: гороха (1930), львиного зева (1929, 1933), комаров (1946, 1947).

Начиная с 1930 г. Холдейн вплотную занялся изучением наследственности у человека. В работе 1934 г. «Относительная эффективность двух методов измерения сцепления генов у человека» он весьма критически отнесся к статистическому материалу, полученному другими авторами, подвергнув его проверке методом математического анализа. Сравнивая частоту мутаций у дрозофилы и человека, Холдейн на основании математических расчетов приходит к выводу, что человек более мутабилен, т. е. подвержен мутационным изменениям, чем дрозофила⁵.

Другой важнейшей стороной исследований Холдейна было то, что, занимаясь отвлеченными математическими аспектами теории кроссинговера, он никогда не забывал о физиологической целостности организма, о влиянии обмена веществ, возраста, числа хромосом на проявление генной активности. В работе 1925 г. совместно с Ф. Е. Круим было показано влияние возраста организма (опыты на курах) на частоту процесса обмена генов. Через несколько лет, в 1933 г., русский цитолог и генетик М. С. Навашин (1905—1973) при изучении наследственности у растений описал роль длительности хранения семян до их посева на частоту мутационного процесса. Обе эти работы — Холдейна и Навашина — положили начало важнейшей серии исследований в области физиологической генетики.

Первоначальные эксперименты и сделанные на их основе обобщения касались только тех организмов, которые несли нормальное число пар хромосом. Но еще в конце прошлого века (1890—1904) русский биолог И. И. Герасимов (1867—1920) описал явление, впоследствии названное полиплоидией, когда число хромосом увеличивается в несколько раз. Сформулированная Морганом и его учениками и последователями теория кроссинговера касалась лишь перекреста генов у нормальных (диплоидных) организмов. Вопрос же о приложимости выводов этой теории к полиплоидам оставался неисследованным.

⁵ J. B. S. Haldane. Mutation rates in man, — «Nature», 1935, v. 135, p. 907.

В серии сообщений, подготовленных совместно с Де Уинтом (1931, 1933, 1935), Холдейн исследовал проблему сцепления генов у диплоидных и тетраплоидных растений (на примере примулы) на основе разработанной им довольно сложной математической теории определения сцепления в случае полиплоидии (1930). Ему удалось показать, что процент кроссинговеров у диплоидных растений близок к таковому у тетраплоидных.

Авторы исследовали локализацию 15 факторов в четырех хромосомах (из 12) у диплоидных растений, а также изучили случаи сцепления у тетраплоидной примулы. Ими описаны шесть типов сцепления, наблюдаемых в случае трех пар факторов у той же примулы. В работе подчеркивается, что у тетраплоидных растений кроссинговер протекал одновременно только лишь между двумя гомологичными хромосомами, хотя их было в клетке четыре. После кроссинговера эти хромосомы расходились к разным полюсам. При этом отмечается, что данные, полученные на примуле, необходимо проверить на других видах тетраплоидных растений.

Удивительная способность к обобщению разрозненных наблюдений и к формулированию важнейших закономерностей сказалась в работе Холдейна «Соотношение полов и стерильность одного пола у гибридных животных» (1922). В ней был тщательно обработан весь доступный к тому времени материал по вопросу о потомстве межвидовых гибридов первого поколения. Сформулированное им положение, известное под названием «правило Холдейна», в значительной степени не утратило своего значения в настоящее время.

Согласно генетической теории образования мужского и женского пола (Вильсон, Морган) разные полы определяются различным сочетанием хромосом. Если обе формирующие зародыш половые клетки (их называют также гаметам) — сперматозоид и яйцеклетка — несут одинаковые половые хромосомы (например, две X-хромосомы), то образовавшийся организм называют гомогаметным. В том случае, когда одна гамета привносит в зародыш хромосому одного типа (X-хромосому), а другая гамета хромосому другого типа (Y-хромосому), то возникает гетерогаметный организм. Но чтобы узнать, к какому типу относится данный организм, необходимо провести серию трудоемких генетических и цитологических эксперимен-

тов. Правило Холдейна, в конечном счете, было направлено на решение именно этой проблемы. Оно гласит: если в потомстве межвидовых гибридов один из полов встречается реже, полностью отсутствует или стерилен, то этот пол является обычно гетерогаметным. Нежизнеспособность или стерильность этого гетерогаметного пола может быть результатом взаимодействия между Y-хромосомой одного вида и X-хромосомой, аутосомами или цитоплазмой другого вида. При наличии механизма определения пола типа XO гибель, пониженная жизнеспособность или стерильность межвидовых гибридов могут быть следствием взаимодействия аутосом или цитоплазмы одного вида с единственной X-хромосомой, полученной от другого скрещиваемого вида.

*

В 1922 г. Н. И. Вавилов сформулировал закон гомологических рядов наследственной изменчивости. Он пришел к выводу, что близкородственные по происхождению виды растений и животных имеют сходные ряды наследственной изменчивости. Эта гомологичность обусловлена родственным происхождением организмов, близостью их генетического аппарата.

Анализу гомологических рядов наследственной изменчивости посвящена работа Холдейна «Сравнительное исследование окраски у грызунов и хищников» (1927). Рассматривая вопросы генетической гомологии на примерах двух групп животных, Холдейн обобщил типы обнаруженных мутаций в пределах изученных отрядов млекопитающих, связав свои наблюдения с эволюционной теорией.

Мысль Холдейна о применении принципов гомологии к генам не утратила своей актуальности, хотя с тех пор прошло почти полвека. Тогда Холдейн отмечал, что «структуры в двух видах животных являются гомологичными при условии, что они соответствуют одной и той же структуре у общего предка». И при этом подчеркивал, что абсолютного критерия для гомологии не существует и нет уверенности в том, что разные формы генов ведут свое происхождение от гена общего предка. Можно предположить, что в отдельных случаях гены могут иметь совершенно самостоятельное происхождение. Со свойственной

ему дальновидностью Холдейн ставит вопрос о возможности более близкой связи между генами, чем гомология, а именно — об их химической идентичности. На основании данных о сцеплении он делает допущение, что гены по своим размерам одного порядка с белковыми молекулами.

Рассматривая вопрос о пластичности наследственности, о способности видов к наследственной изменчивости, Холдейн отмечал, что вид может оказаться весьма подверженным изменчивости в одном отношении и весьма мало изменчивым в другом. Он полагал, что нужно с большой степенью осторожности судить о большей или меньшей пластичности вида. Позднее по этому поводу Холдейн писал: «До тех пор пока этот вопрос (генетическая пластичность) не будет изучен в плане сравнительной генетики, генетика лишь в малой степени сможет способствовать познанию основных направлений эволюционного процесса»⁶.

В настоящее время в связи с достижениями молекулярной генетики разработка нового направления — сравнительной генетики — представляется особенно перспективной, если при этом принять во внимание успехи структурного исследования некоторых белков — таких, к примеру, как гемоглобин и цитохром-С, которые являются прямыми продуктами действия генов.

Популяционная генетика и эволюция

Еще в середине прошлого века Дарви́н установил основные факторы эволюции: наследственность, изменчивость и естественный отбор.

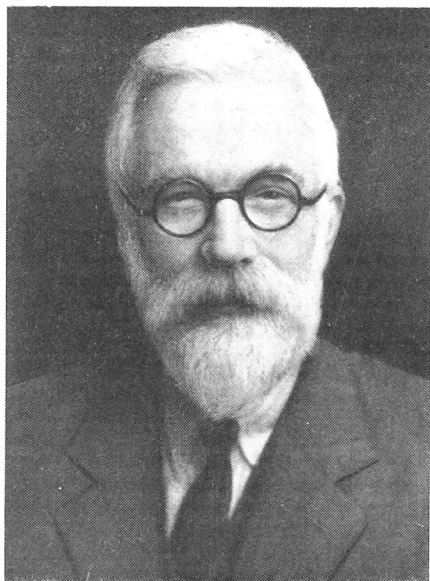
Естественный отбор, т. е. выживание наиболее приспособленных форм животных и растений, был обоснован Дарвином с достаточной очевидностью. Что же касается наследственности и изменчивости, то здесь положение было не совсем ясным в силу недостаточности знаний о механизмах наследственности. Дарвин считал, что отбору могут подвергаться как случайные изменения, так и изменения, вызванные упражнением органов. Вслед за

⁶ J. B. S. Haldane. The theory of evolution before and after Bateson. — «J. of Genetics», 1958, v. 56, p. 12.

общепризнанным в те времена взглядом он верил в так называемую слитную (blending) наследственность — предполагалось, что признаки родителей смешиваются у потомков подобно воде с чернилами; дискретность наследственных факторов еще не была известна. Поэтому Дарвин недостаточно осветил вопрос о причинах, определяющих возникновение наиболее приспособленных форм. Он и не мог этого сделать, поскольку корпускулярная природа наследственности еще не была обоснована. А работы Менделя хотя и были опубликованы, Дарвин их не знал.

Положение, сложившееся к тому времени в науке, дало повод противникам теории Дарвина отрицать роль естественного отбора как фактора эволюции. Например, английский инженер Ф. Дженкин писал, что любой новый признак в результате скрещивания будет постепенно разбавляться от поколения к поколению, пока не исчезнет совсем. При такой ситуации естественный отбор не может играть, конечно, никакой роли, как бы велико ни было первоначальное изменение в организме. Теория Дженкина (1867) о разбавлении из поколения в поколение любого ценного признака при скрещиваниях мутанта с окружающими его исходными формами до постепенного его исчезновения из популяции просуществовала до конца XIX в. и отпала только после возникновения экспериментальной генетики, основанной на законах Менделя. В доменделевские времена никто не был в состоянии опровергнуть тезис Дженкина о нивелирующем результате отбора действия скрещиваний. Этот тезис удерживался в науке вплоть до середины 20-х годов XX в. и окончательно отпал только после того, как советский генетик С. С. Четвериков (1880—1959) связал между собой эволюционный принцип Дарвина и менделевские законы наследственности⁷. Используя математическую формулу свободного скрещивания Харди—Вайнберга (1908), Четвериков сумел доказать, что вновь возникшие мутации не могут исчезнуть из популяции в ходе скрещивания, и показал значение отбора в этих условиях. Кстати сказать, Холдейн хорошо знал и высоко ценил эту замечательную работу; в памяти участников V Международного конгресса генетиков, про-

⁷ С. С. Четвериков. О некоторых моментах эволюционного учения с точки зрения современной генетики. — «Журнал экспериментальной биологии», 1926, т. 2, вып. 1, стр. 3.



Рональд Фишер

ходившего в Берлине в 1927 г., остался характерный эпизод: по окончании сообщения, сделанного С. С. Четвериковым, к трибуне бросился Холдейн, заключил докладчика в объятия и горячо расцеловал.

Таким образом, в середине 20-х годов перед исследователями возник целый ряд проблем, которые не всегда можно было решить экспериментально. Поэтому математический метод, одним из создателей которого был Холдейн, стал мощным орудием в исследовании проблем генетики популяций и эволюции.

Большая серия работ Холдейна посвящена математической теории естественного отбора. К этому времени действие естественного отбора на состояние популяций было выяснено только для простейших случаев. Сущность проблемы, которую предстояло разрешить, была кратко сформулирована Холдейном в первом абзаце первого сообщения, опубликованного им в 1924 г. в «Ученых записках философского общества Кембриджского университета», следующим образом: «Естественный отбор должен быть

охарактеризован прежде всего с количественной стороны. Для того чтобы утверждать, что естественный отбор в состоянии объяснить известные факты эволюции, мы должны показать, что он может не только заставить вид изменяться, но и воздействовать на темп мутаций в настоящем и прошлом».

В своем первом сообщении Холдейн подчеркивает тот факт, что элементарной единицей эволюции является не особь, а популяция. Он разбирает различные состояния популяций, для которых дает общие характеристики, изучает такие важные для эволюции факторы, как избирательное спаривание и действие близкородственного скрещивания (инбридинга) в связи с отбором, исследует полигенные системы, в некоторых случаях включающие и взаимодействия между генами, отбор в зависимости от частоты встречаемости генов в популяции, отбор у полиплоидов, последствия перекрывания одного поколения другим в противоположность дискретности поколений, влияние частичной изоляции.

В 1924 г. Холдейн разработал таблицу, при помощи которой можно было без труда определить изменения частоты генотипов и интенсивность отбора во времени.

Основные исследования 1924—1934 гг. были посвящены систематическому изучению темпа изменения популяции под влиянием отбора и мутаций. Холдейн постулировал, что элементарным процессом эволюции является увеличение или уменьшение концентрации отдельных генов в популяции. При помощи математического моделирования он показал, что можно рассчитать, как изменяется относительная частота встречаемости отдельных генов при заданной интенсивности отбора — быстро или медленно. Количественные расчеты позволили Холдейну нарисовать общую картину темпа эволюционного процесса. Ему удалось показать, что медленный темп мутирования, характерный для большинства генов, по-видимому, не является лимитирующим фактором в эволюции.

Математический анализ процессов эволюции, проведенный Холдейном, представляет собой дальнейшее развитие и конкретизацию учения Дарвина о естественном отборе с учетом новейших достижений генетики. Он отвечал интересам и нуждам животноводов и растениеводов, занимающихся выведением новых пород на основании теории отбора.



Сьюэл Райт

В этой серии исследований Холдейн выступил как пионер нового направления — математической генетики, исследуя изменение частоты встречаемости генов в популяциях в ходе естественного и искусственного отбора. Он подверг анализу вопросы динамики эволюции, разработал уравнения, отражающие темп изменения состава популяций для случаев слабого, интенсивного отбора и отбора средней интенсивности. При этом Холдейн полагал, что коэффициент отбора, как правило, является постоянным. В некоторых случаях он может быть переменной величиной по отношению к отдельно взятому гену, или в отдельных случаях по отношению к отдельно взятому генотипу с учетом двух или большего числа взаимодействующих локусов.

Одновременно с С. С. Четвериковым и Дж. Холдейном над математической интерпретацией эволюционной микроизменчивости растительных и животных организмов работали еще два крупных исследователя: Р. Фишер в Англии и С. Райт в США. Всех их объединял дух дружественного соревнования, направленного на развитие теорий

Дарвина и Менделя в свете успехов генетики 20—30-х годов; Р. Фишер в своей теории основное значение придавал благоприятным мутациям, которые достигают частоты, предохраняющей их от случайной утраты. Он считал, что повышение приспособленности любого организма в любое время зависит от генотипической варианты в отношении приспособленности. Под генотипической вариантой он подразумевал ее аддитивный компонент⁸.

С. Райт полагал⁹, что в отношении частоты генов имеет место локальная дифференциация. Тем самым он отбросил общепринятое в популяционной генетике допущение о вполне случайной скрещиваемости особей внутри отдельной популяции. В таком случае может образоваться несколько пиков приспособленности в противоположность одному основному пику в гомогенных видах. Подобное положение может установиться вследствие различных процессов, которые являются случайными по отношению к эволюции вида в целом. Райт постулировал три фазы дифференцировки внутри популяции: фаза случайного дрейфа систем генов от равномерности их распределения, фаза локального массового отбора по отношению к новой системе концентраций генов, фаза избыточного роста популяции и отбора по системам генотипов в целом (межгрупповой отбор), ведущего к постепенному преобразованию всего вида.

Холдейн неоднократно подчеркивал, что эволюция не может поддерживаться каким-либо одним процессом. Межгрупповой отбор не будет играть никакой роли, если нет достаточной изоляции между группами внутри вида. В гомогенных популяциях при постоянных условиях в течение длительного периода процесс эволюции протекает очень медленно и определяется только частотой возникновения благоприятных мутаций. При постепенном изменении условий эволюционный процесс может ускориться за счет накопления мутаций, которые до этого были частично неблагоприятными, но в новых условиях становятся благоприятными.

Оптимальная ситуация для значительного эволюционного сдвига будет, очевидно, связана с определенным

⁸ См. *R. A. Fisher. The general theory of natural selection. Oxford, Clarendon Press, 1930.*

⁹ См. *S. Wright. Evolution in a Mendelian population. — «Genet.», 1931, v. 16, p. 97.*

сочетанием подходящей генетической структуры популяции и длительности периода изменения условий существования.

Холдейн математически определил, что и межгрупповой отбор в некоторых случаях очень эффективен. Это касается, например, популяций человека, по крайней мере, в период резкого увеличения численности¹⁰. Он описал условия, при которых мутация может сохраниться в популяции, вопреки действию отбора, и пришел к выводу, что только отбор или только мутации не могут целиком определить конечный эффект¹¹.

Допустим, p обозначает частоту мутирования гена за одно поколение (обычно $p=10^{-6}$), а k — коэффициент отбора, причем k больше, чем p (речь идет о неблагоприятных мутациях). В таком случае равновесие достигается тогда, когда отношение неблагоприятных фенотипов к благоприятным равно p/k при рецессивной мутации и $2p/k$ — при доминантной в свободно скрещивающейся популяции. Поэтому, если величина k не настолько мала, чтобы быть одного порядка с p , новая мутация не распространится в значительной степени. Даже при высокой частоте мутирования отрицательный отбор при значениях k не менее $1/2000$ делал бы редкой любую рецессивную мутацию. Таким образом, чтобы вызвать большие изменения в видах, частота мутирования должна превышать существующую в сотни и тысячи раз. Однако один отбор вряд ли играет существенную роль. Ни один из этих процессов в отдельности не может служить основой для продолжительной эволюции. Материал, с которым имеет дело отбор, должен поставляться мутациями.

Много внимания Холдейн уделял такому существенному вопросу, как эволюция доминантности¹². К этому времени существовало две точки зрения. Фишер полагал, что доминантность эволюционирует посредством подбора

¹⁰ J. B. S. Haldane. The rate of mutation of human genes. — Proc. 8th Intern. Congr. of Genetics. Hereditas Suppl., 1949, p. 267.

¹¹ J. B. S. Haldane. The rate of spontaneous mutation of a human gene. — «J. of Genetics», 1935, v. 31, p. 317.

¹² См. J. B. S. Haldane. A note of Fisher's theory of the origin of dominance and on the correlation between dominance and linkage. — «Amer. Naturalist», 1930, v. 64, p. 87; J. B. S. Haldane. The theory of the evolution of dominance. — «J. of Genetics», 1939, v. 37, p. 365.

генов-модификаторов, действие которых направлено на ликвидацию вредных для организма последствий мутации. Так как мутация в гомозиготном состоянии часто оказывается особенно неблагоприятной, то и модифицированию в основном подвергаются более многочисленные гетерозиготы. Райт, напротив, считал, что отбираются не модификаторы, а наиболее активные по сравнению с исходным аллели¹³.

Холдейн рассмотрел три причины доминантности и показал возможное распространение этих явлений в природе¹⁴. Причины эти следующие: 1) фишеровский эффект (в редких случаях); 2) отбор наиболее активного мутантного гена по сравнению с исходным (в большинстве случаев — толкование Райта) — и, наконец, 3) дубликации, составляющие небольшую группу случаев.

В больших аутбредных популяциях отбор будет увеличивать концентрацию генов, модифицирующих жизнеспособность гетерозигот, в направлении, приближающем их к норме. Гомозиготы модифицируются уже после гетерозигот. В таких популяциях фишеровский эффект наиболее распространен. В аутбредных, но небольших популяциях наблюдалась бы та же картина, но гомозиготы подвергались бы модификации в большей степени.

В инбредных популяциях отбор модификаторов для гетерозигот должен протекать очень медленно, а для гомозигот и вовсе отсутствовать. Если же есть хотя бы небольшой процент аутбридинга (порядка 1%), отбор гомозигот будет значительным, особенно после того, как они достигнут приспособленности $1 - c/2$ (c — процент аутбридинга). Такого рода популяции распространены среди растений (например, *Pisum* и *Lathyrus*).

Касаясь физиологических основ доминирования, Холдейн исходил из того, что мутантные гены часто оказываются полностью или частично неактивными. В то же время ген дикого типа по фенотипическому проявлению имеет так называемый фактор безопасности (запас прочности). Этот фактор может быть достигнут либо отбором более активного аллеля, либо с помощью

¹³ См. *S. Wright*. Evolution of a mendelian population. — «Anatomical Record», 1929, p. 287.

¹⁴ *J. B. S. Haldane*. The theory of the evolution of dominance. — «J. of Genetics», 1939, v. 37, p. 365.

отбора модификаторов, направленных на повышение эффективности действия нормального гена.

Накопление модификаторов влечет за собой значительные изменения в организме. Необходимо начинать выпавший процесс снова, если ген неактивен, или ускорить его в 10—100 раз, если ген слабоактивен. С этой точки зрения доминирование проще достигается отбором более активного аллеля.

В 1937 г. в работе «Влияние изменчивости на приспособленность» Холдейн сформулировал понятие «утраты приспособленности», согласно которому влияние повторно возникающих вредных мутаций на величину приспособленности популяции определяется не столько вредоносностью каждой из этих мутаций, сколько частотой ее повторного возникновения в данной популяции. К такому же выводу спустя несколько лет пришел независимо от Холдейна также и Г. Дж. Меллер. В дальнейшем это понятие привело к интенсивному исследованию полиморфных популяций человека и концепции «генетического груза», разработанной Кроу¹⁵.

Стремление к всестороннему изучению всех количественных аспектов, связанных с интенсивностью естественного отбора, натолкнуло Холдейна на мысль о проведении специального исследования, посвященного клинальной изменчивости, т. е. постепенному пространственному изменению частоты фенотипов¹⁶. Изучив распределение признаков (рост, окраска и др.) у оленьей мыши, он предположил, что клинальная изменчивость появляется по той причине, что в одних условиях одна из форм имеет селективное преимущество по сравнению с другой, тогда как в соседней области картина противоположная. Он разобрал взаимодействия между интенсивностью отбора, средним расстоянием расселения за генерацию и скоростью изменения частоты определенного фенотипа в ареале. В данном случае коэффициент отбора был равен приблизительно 0,1%.

В работе 1949 г. «Инфекционные болезни и эволюция» Холдейн коснулся еще одного малоразработанного до на-

¹⁵ См. *J. F. Crow*. The theory of genetic loads. — Proc. XI Intern. Congress Genetics, 1963, v. 3.

¹⁶ См. *J. B. S. Haldane*. The theory of a cline. — «J. of Genetics», 1948, v: 48, p. 277.

стоящего времени вопроса — влияния эволюции на распространение инфекционных болезней¹⁷. Мысли, высказанные им в этой небольшой по объему, но весьма важной работе о роли естественного отбора в эволюции, о значении сопротвляемости организмов к инфекционным болезням оказали весьма плодотворное воздействие на понимание генетических механизмов и химизма устойчивости растений, животных и человека к инфекционным поражениям. С присущей ему широтой Холдейн поставил вопрос о значении болезней, в том числе и инфекционных, как элиминирующего фактора в процессе естественного отбора, наряду с такими, как борьба с силами природы, голодом, хищниками и внутривидовая борьба. Высказанные им положения имеют общебиологическое значение и целиком приложимы к человеческим популяциям. Холдейн подчеркивал важное значение возникшей в процессе эволюции в ходе естественного отбора устойчивости к болезням и даже предсказывает, что гетерозиготы по гену серповидно-клеточной анемии окажутся невосприимчивыми к малярии, что и было подтверждено в 1954 г. А. С. Эллисоном¹⁸. По этому поводу М. Дж. Д. Уайт заметил: «Вполне возможно, что если бы не предсказания Холдейна, то установление зависимости между талассемией и аномальными гемоглобинами, с одной стороны, и устойчивостью к малярии, с другой, было бы отсрочено еще на одно или два десятилетия»¹⁹.

Вклад Холдейна в эволюционную теорию и популяционную генетику, особенно его монография «Факторы эволюции», был по достоинству оценен как его современниками, так и последующим поколением исследователей, работающих в этой области. Основоположник хромосомной теории наследственности Т. Г. Морган писал: «Ценным вкладом является интересное обсуждение эволюционной теории, главным образом с генетической точки зрения, в книге Дж. Б. С. Холдейна «Факторы эволюции». Очерк математической теории естественного отбора, данный в этой книге в виде приложения, представляет четкий анализ этой проблемы. Вместе с книгой Р. Фишера

¹⁷ См. *J. B. S. Haldane. Disease and evolution.* — «*La ricerca scientifica*», 1949, v. 19, Suppl., p. 68.

¹⁸ См. *В. Маккьюсик. Генетика человека.* М., «Мир», 1967, с. 21.

¹⁹ *M. G. D. White.* — «*Science*», 1969, p. 678.

«Генетическая теория естественного отбора», представляющей собой более специальный разбор связи между генетикой и естественным отбором, эта работа настолько сдвигает проблему со старого проторенного пути обобщений последних 50 лет в области математических вычислений, что в будущем исследователи эволюции смогут так же специализироваться в этой отрасли математики, связанной с теорией вероятности, как и разрабатывать новые экспериментальные методы для выяснения причин мутаций и действительной роли конкуренции при различных случаях выживания наиболее приспособленных»²⁰.

Также высоко заслуги Холдейна-генетика оценивались и через 30 лет. Вот что писал по этому поводу английский генетик Дж. М. Смит в ноябре 1967 г.: «Потребовались огромные усилия Дж. Холдейна, Р. Фишера и С. Райта, чтобы доказать, что подлинная теория эволюции не нуждается в выборе между теориями Дарвина и Менделя — необходимо лишь их объединение в единое целое. Мне думается, что слияние научного творчества Дарвина и Менделя в целостную теорию эволюции является одним из двух или трех действительно важнейших вкладов в биологическую науку нашего столетия»²¹.

Японский генетик М. Кимура в 1966 г. дает следующую оценку работе Холдейна: «Работы периода создания монографии «Факторы эволюции» можно рассматривать как отправной пункт для дальнейшего развития теории популяций и эволюционной генетики. И особенно печально, что в последнее время среди биологов США, занимающихся вопросами эволюции, появилась тенденция принизить значение этих классических работ, незаслуженно назвав их «генетикой горохового стручка», не предложив при этом никакого эквивалентного подхода к решению вопроса.

По мере того как математическая подготовка охватывает все более широкие круги молодых биологов, следует выразить надежду, что классические работы Холдейна будут привлекать к себе все более пристальное внимание специалистов»²².

²⁰ Т. Г. Морган. Экспериментальные основы эволюции. Биомедгиз, 1936.

²¹ J. Maynard Smith. The Listner, 1967, Nov. 2, p. 568.

²² Цит. по: N. W. Pirie. J. B. S. Haldane. Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society. London, 1966, p. 299.



*Холдейн и Элен Сперуэй в Мисиме (Япония) на опытном участке
Национального института генетики (1956)*

В последней работе, названной Холдейном «В защиту генетики горохового стручка», — его лебединой песне, подводящей итоги многолетним исследованиям в области популяционной генетики, — он писал: «Я стремился построить математическую теорию естественного отбора. Мне удалось вычислить равновесие между мутациями различных типов генов и отбором, направленным против мутирования. Как только эта часть работы была завершена, мне представилась возможность в 1932 г. установить частоту мутаций генов у человека. В дальнейшем я внес поправки в свои вычисления, а впоследствии и другие исследователи внесли свои. Определение частоты мутирования генов у человека явилось лишь побочным продуктом моих математических вычислений, но со временем приобрело некоторое политическое значение. Если бы я свою жизнь всецело посвятил научным исследованиям и пропаганде в этой области, а не расширению границ человеческого познания, то я, несомненно, стал бы всемирно признанным «экспертом» в этом вопросе...

Потомки, возможно, воздадут должное, а может быть, и не придадут серьезного значения моей теории о «цене естественного отбора», согласно которой эволюционный сдвиг определяется численным выражением генетической смертности. Мне думается, что введенное мною понятие характеризует один из факторов, может быть, наиболее решающий, позволяющий судить о темпе эволюционного процесса. Одни ученые одобрительно отнеслись к моей концепции, другие — критически. Если она окажется ошибочной, то надо думать, что и сама ее порочность прольет некоторый свет на истину или будет способствовать предельному приближению к ней. Количество таких примеров можно приумножить.

Если бы меня судили за то, что я понапрасну растратил свою жизнь, то защитник получил бы дополнительное время по моему делу, если бы оно и было проиграно. В оправдание могу сказать, что мною написано свыше 90 работ по одной лишь генетике горохового стручка и в 50 из них можно найти некоторые оригинальные мысли, не принимая во внимание их значимость или истинность, не говоря о 200 других исследованиях...

Ныне существующие теории по популяционной генетике, несомненно, подвергнутся дальнейшим упрощениям и систематизации. Некоторые из них по своему удельному весу мало чем будут выгодно отличаться от динамической теории XIX в. Это не значит, что эти теории были лишь бесплодной игрой в области алгебраических построений. Приходится испытать много средств и возможностей для достижения даже частичной истины. Однако на этом пути встречается затруднение, состоящее в том, что в результате математического исследования возможная причина явления рассматривается как единственно возможная... Может быть, это и не часто случается, но бывает и так. Лучший способ для избежания таких непредвиденных случайностей — это проверка и математический анализ выводов, вытекающих из ряда гипотез, которые на первый взгляд могут показаться весьма искусственными построениями. Нужно всмотреться в природу или материалы, добытые в лаборатории, сопоставить результаты наблюдений с теоретическими заключениями и установить, насколько они истинны или ложны»²³.

²³ J. B. S. Haldane. A defence of beanbag genetics. — «Perspectives in Biology and Medicine», 1964, v. 7, p. 343.

Генетика человека

50—70-е годы XX в. отмечены значительными успехами в исследованиях генетики человека. Используя новые методы анализа, удалось обнаружить ранее неизвестные наследственные заболевания человека, определить природу их возникновения, разработать ряд методов изучения хромосомного комплекса и т. д. В наше время медицинская генетика использует в своих исследованиях пять основных методов: популяционно-статистический, клинико-генеалогический, близнецовый, цитогенетический и генетико-биохимический.

Анализируя историю исследований в области медицинской генетики, нельзя не отметить работы Холдейна по генетике человека, хотя в его время наука не располагала многими известными сейчас данными. Несмотря на то, что Холдейн не получил специального медицинского образования и иногда не в состоянии был проводить непосредственные исследования в области медицинской генетики, он очень хорошо знал все, что касалось наследственных заболеваний человека, отдав немало сил изучению этого вопроса. Во многих случаях им были сделаны принципиальные выводы, ускользнувшие от внимания других исследователей, специалистов в этой области; некоторые из них не утратили своего значения и по сей день. Так, Холдейн одним из первых применил математические методы для построения карты распределения генов в хромосомах человека. Он усовершенствовал методы точного изучения концентрации наследственных болезней в популяциях животных и также одним из первых приближенно определил процент мутирования нескольких генов у человека.

Холдейн придает большое значение влиянию факторов внешней среды на процесс формирования организма. В статье «Генетика и современные социальные теории» (1934), написанной по просьбе советского журнала «Успехи современной биологии», он отмечал: «Люди отличаются друг от друга, и эти различия зависят частью от наследственных данных, частью от среды».

Какой-либо ген одаренности может привести к совершенно различным результатам в зависимости от тех возможностей к образованию, которые имеются у соответствующего лица. Так, например, крестьянский сын, обладающий гениальным природным дарованием к математике,

может не иметь случая проявить свои способности. И, наоборот, ребенок богатых родителей, который, будучи бедным, мог бы стать слабоумным, в результате индивидуального обучения может достичь среднего интеллектуального уровня. Поэтому генетик, желающий изучить главные наследственные различия у животных или растений, должен содержать объекты изучения в однородной среде»²⁴.

Холдейн предупреждал о необходимости быть осмотрительными при экстраполяции на человека данных, полученных на животных, считая, что не следует спешить с практическими выводами: нужно методично и настойчиво накапливать фактический материал, обобщая его и подвергая тщательной теоретико-математической обработке.

Он осознал возможность перенесения ранее разработанных им математико-аналитических методов из области эволюции на популяционную генетику, в сферу изучения наследственности человека. Однако делал это он с большой осторожностью, что видно из его внимательного отношения к вопросу о генетическом равновесии, наблюдаемом в популяции человека при естественном отборе. Такой подход позволил ему еще в 1932 г. в работе «Факторы эволюции» показать возможность определения частоты возникновения мутаций, вызывающих высокую степень смертности у человека — носителя данного гена. На примере гемофилии, возникающей в результате наличия в X-хромосоме гена, определяющего развитие данного признака, Холдейн показал, что элиминация этого гена в каждом поколении из-за низкой жизнеспособности гемофиликов должна уравниваться новыми повторными мутациями, ибо в противном случае болезнь должна была бы вскоре исчезнуть. Он полагал, что законы естественного отбора не действительны в отношении нормальных женщин, гетерозиготных по данному гену, которые встречаются почти в два раза чаще, чем мужчины, обнаруживающие гемофилию.

Холдейн считал, что около трех случаев гемофилии на 100 тыс. человек возникает в результате мутации в каждом поколении. В случае появления гемофилии среди

²⁴ Джс. Б. С. Холдейн. Генетика и современные социальные теории. — «Успехи современной биологии», 1934, № 3, с. 426.

мужчин (один случай на 30 тыс.) темп мутаций этого гена в течение одного поколения составил бы около 10^{-5} или несколько выше.

Позднее, в 1953 г., Холдейн разработал общую формулу для генов, сцепленных с полом:

$$2m + v = (1 - f)x,$$

где m и v — темп мутаций у женщин и мужчин, x — частота гемофилии среди мужчин при рождении, f — выживающая часть мужчин, пораженных гемофилией, по отношению к общему числу больных, принятую за единицу.

В 1938 г. в марксистском журнале «Modern Quaterly» был напечатан блестящий научно-популярный очерк Холдейна «Королевская кровь», включенный позднее в сборник статей для широкого читателя «Keeping Cool» («Сохраняя хладнокровие»). В подзаголовке статьи значилось: «Исследование генеалогии гемофилии в королевских семействах Европы». В этой работе Холдейн критически использовал данные Р. Фишера о гемофилии и высказал свое несогласие с его мнением о том, что гемофилия является под влиянием инбридинга. Холдейн писал: «Изучение большого количества материалов по наследованию гемофилии не подтверждает мнения Фишера... Иного рода дефекты физического и умственного порядка, которые прослеживаются в родословных некоторых королевских семейств, можно с большой долей вероятности приписать влиянию инбридинга, но вряд ли это относится к гемофилии».

В том же 1938 г. американский журнал «Science and Society» опубликовал ответ Холдейна буржуазному экономисту А. П. Лернеру. Статья эта (не упоминаемая в библиографических обзорах работ Холдейна) интересна тем, что в ней Холдейн подчеркивает ту огромную роль, которую оказали на формирование его мировоззрения и методологию научного мышления произведения Энгельса, и относится она именно к периоду его интенсивных исследований в области популяционной генетики человека. Вот что он там пишет: «Должен признаться, что постепенное, постоянно углубляющееся изучение диалектического материализма воодушевило меня на осуществление большей части научных работ, опубликованных в последнее время. Например, недавно я опубликовал мое первое серьезное исследование о частоте мутирования генов человека. Я сде-

лал это после того, как понял в процессе работы, выполняемой по просьбе Госиздата, над статьей «Современное состояние теории естественного отбора»²⁵ необходимость попытаться изложить менделевскую теорию эволюции в понятиях диалектики. За пять лет до этого я подверг математическому истолкованию вопрос о равновесии (или почти равновесном состоянии) между мутациями и отбором. Мне это стоило больших умственных усилий, в результате которых (спасибо Энгельсу!) мне удалось словесно выразить эту закономерность и убедиться в том, что это приближенное равновесие является ключом к пониманию многих удивительных фактов, в частности такого явления, как частота гемофилии в человеческих популяциях.

Я думаю, не случайно моя лаборатория является, вероятно, единственной в мире за пределами Советского Союза, где исследуется равновесие между мутациями и отбором. Изучение производений Энгельса в течение нескольких лет способствовало кристаллизации в моем сознании нового принципа, основанного на объединении разрозненных данных, связанных с отбором у домашних животных.

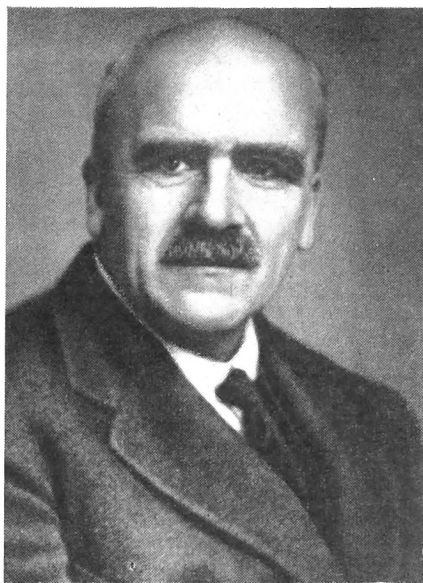
Я не думаю, что без изучения трудов Энгельса я не пришел бы к таким результатам. Но мне хотелось бы подчеркнуть, что успехами моих исследований я во многом обязан мыслям Энгельса. И поскольку я убедился в том, что диалектический материализм является весьма действенным инструментом для научного творчества, считаю нужным заявить об этом...»²⁶

Следуя традиции своего учителя Бэтсона, который полагал, что особое внимание следует в науке уделять исключениям («Treasure your exceptions»), Холдейн заинтересовался двумя признаками, сцепленными с полом, — гемофилией и дальтонизмом, редко встречающимися в человеческих популяциях, и оценил частоту рекомбинаций между этими двумя генами.

Первое измерение степени сцепления для случаев гемофилии и дальтонизма было осуществлено им в 1937 г. в совместной работе с Дж. Бэллом, когда уже было уста-

²⁵ Статья в русском переводе в печати не появилась.

²⁶ Цит. по: Г. Э. Фельдман. Джон Холдейн о влиянии Энгельса на методологию научного мышления. — «Вопросы философии», 1970, № 11.



Дж. Холдейн (1940)

новлено, что гены, обуславливающие эти заболевания, находятся в X-хромосоме. А еще в 1935 г. Холдейн, исходя из равновесия между мутациями и отбором, рассчитал и сформулировал концепцию о темпах мутации одного гена у человека. Иначе говоря, он установил то, что ныне принято называть косвенным методом определения темпа мутирования.

В 1947 г. Холдейн подсчитал, что темп мутирования гораздо выше у мужчин, чем у женщин, и что средняя его величина составляет $3,2 \times 10^{-5}$ генов в поколении. Подобные наблюдения были проведены в отношении сцепленного с полом гена мышечной дистрофии²⁷. Результаты определения темпа мутирования сцепленных с полом генов у человека с применением косвенного метода анализа на материале, собранном разными исследователями, оказались вполне сопоставимыми с темпом мутации, опреде-

²⁷ J. B. S. Haldane. Mutation in the sex-linked recessive type of muscular dystrophy. A possible sex difference. — «Annals Human Genet.», 1956, v. 20, p. 344.

ленным при прямых наблюдениях над спорадическими случаями появления летальных признаков.

Математически анализируя наследование рецус-несовместимости, Холдейн показал²⁸, что рецус-фактор может находиться в состоянии нестойкого равновесия в тех случаях, когда частота встречаемости гена около 1/2, но что большинство обособленных популяций проявляет тенденцию превратиться в положительные или в отрицательные. Этот вид отбора, направленный на элиминацию гетерозигот, Холдейн рассматривал как явление, чуждое дарвиновскому принципу отбора. Он предположил, что отбор противоположного типа в пользу гетерозиготности, ведущий к стойкому равновесию, может способствовать объяснению широкого распространения некоторых генов, вызывающих болезни среди популяций человека. Холдейн считал, что эти болезни, как это имеет место при амавротической идиотии, микроцитемии, а также в случае серповидно-клеточной анемии, слишком часто встречаются, чтобы можно было их приписать давлению мутаций²⁹. Впоследствии эти положения получили полное подтверждение во многих исследованиях.

Холдейн поддерживал гипотезу, что хромосомные абберации у человека могут в значительной степени явиться причиной биологической неполноценности, в особенности у интерсексов³⁰, причем было это им высказано задолго до цитологического подтверждения данного положения. Здесь же он предсказал возможность использования культур лейкоцитов человека для исследования его хромосом.

Значительно позднее, в 1960 г., в небольшой статье «Группы крови и трисомия у человека» Холдейн обращается к генетикам и врачам Индии с призывом исследовать группу детей с болезнью Дауна и другие аномалии хромосом у человека. Как известно, трисомия встречается главным образом у детей, родившихся от матерей, возраст которых превышает 35 лет.

В совместной работе с А. Рей «Генетика распространенной в Индии ненормальности пальцев» (1965), подго-

²⁸ J. B. S. Haldane. Selection against heterozygosis in man. — «Annals Eugen», 1942, v. 11, p. 333.

²⁹ J. B. S. Haldane. The estimation of the frequencies of recessive conditions in man. — «Annals Eugen», 1938, v. 8, p. 255.

³⁰ J. B. S. Haldane. Genetical evidence for a cytological abnormality in man. — «J. of Genetics», 1932, v. 26, p. 341.

товленной к печати незадолго до кончины Холдейна, изложены результаты наблюдений над укороченным четвертым пальцем на ноге. Авторы показали, что этот признак вызывается аутосомным доминантным геном с неполным проявлением и отмечается в северо-восточных районах Индии.

Холдейн также установил вероятный новый доминантный признак, сцепленный с полом у человека³¹. Считалось, что дефект эмали, приводящий к потемнению зубов, наследуется во многих семьях как аутосомный доминантный признак. Однако Холдейн обнаружил родословные, где этот дефект вызывается, по-видимому, геном, расположенным в X-хромосоме.

В исследовании «Равновесие при естественном отборе сцепленных с полом генов» (1964) Холдейн показал, что равновесие пары аллеломорфов в случае наследования сцепленного с полом гена может сохраняться при естественном отборе, если приспособленность мутантной гемизиготы и гомозиготы отличаются от нормального в противоположных направлениях, даже если женская гетерозигота менее приспособлена, чем гомозиготы в среднем. Но, если приспособленность мутантной гомозиготы и гемизиготы отличаются в одном и том же отрицательном направлении от нормальных, стабильность требует того, чтобы гетерозиготная самка обладала более высокой приспособленностью, чем нормальная форма.

Холдейн много трудился над методами вычислений для обработки данных, полученных другими исследователями в области генетики человека. Его идея о корреляции между возрастом и проявлением изменений состава эру в изучении генетических модификаций³². Он предложил весьма оригинальный метод анализа возможных взаимодействий между наследственностью и средой³³. Им также была показана корреляция между приспособленностью родителей и полноценностью потомства в условиях устойчивого равновесия с преимуществом гетерозигот³⁴.

³¹ *J. B. S. Haldane*. A probable new sex-linked dominant in man. — «*J. Hered.*», 1937, v. 28, p. 58.

³² *J. B. S. Haldane*. The partial sex-linkage of recessive spastic paraplegia. — «*J. of Genetics*», 1941, v. 41, p. 141.

³³ *J. B. S. Haldane*. The interaction of nature and nurture. — «*Annals Eugen.*», 1946, v. 13, p. 197.

³⁴ *J. B. S. Haldane*. Parental and fraternal correlations for fitness». — «*Annals Eugen.*», 1949, v. 14, p. 288.

В работе «Взаимодействие наследственности и среды» (1946) Холдейн рассматривает различные климатические условия, в которых живет человек, и формы культуры в их историческом аспекте. Холдейн показал, что если людей разделить по их генотипу на две группы (*a* и *b*) и распределить по двум средам (*X* и *Y*), то возможны шесть резко различных реакций некоторых признаков, поддающихся количественному измерению и «градуированию» (вес, умственные способности, мышечная сила и т. п.).

В случаях 1 и 4 генотип *a* имеет преимущество по сравнению с генотипом *b*, однако если в случае 1 генотип *b* лучше проявляется в той же среде *X*, что и генотип *a*, то в случае 4 такого совпадения не наблюдается и *b* лучше проявляется в той среде, где *a* проявляется менее удовлетворительно.

В случаях 2 и 3 среда *Y* менее благоприятна, чем среда *X* для обоих генотипов; но в случае 2 в среде *Y* генотип *a* имеет преимущество перед *b*, а в случае 3 дело обстоит наоборот. Наконец, в случаях 4 и 6 наилучшим сочетанием оказывается генотип *a* и среда *X*; генотип *b* лучше проявляется в среде *Y*; имеются различия в реакции генотипов при остальных двух сочетаниях (см. таблицу). Холдейн подчеркивает, что для большинства этих случаев можно было бы привести примеры и из агрономии и животноводства.

Возможные сочетания двух генотипов, испытываемых в двух различных средах

Случай	Генотип	Среда		Случай	Генотип	Среда	
		<i>X</i>	<i>Y</i>			<i>X</i>	<i>Y</i>
1	<i>a</i>	1*	2	2	<i>a</i>	1	3
	<i>b</i>	3	4		<i>b</i>	2	4
3	<i>a</i>	1	4	4	<i>a</i>	1	2
	<i>b</i>	2	3		<i>b</i>	4	3
5	<i>a</i>	1	3	6	<i>a</i>	1	4
	<i>b</i>	4	2		<i>b</i>	3	2

* Чем меньше балл, тем лучше (для приспособления) соотношение генов и среды.

Он доказывает, что если взять три генотипа и три среды, то число возможных реакций составит 10 080. При этом он дает общую формулу для подсчета реакций: $\frac{(mn)}{m! n!}$, где m — число различных генотипов, n — число различных сред. При увеличении m и n число типов реакций возрастает с удивительной быстротой; так, например, при $m=n=10$ число типов реакций равно $7 \cdot 09 \cdot 10^{144}$.

Исходя далее из того, что поведение различных генотипов в различных средах показательны в отношении не одного признака, а их совокупности (например, если одновременно учитывать умственные способности, продолжительность жизни и иммунитет к заболеваниям), Холдейн подсчитал, что даже в простейшем случае, когда имеется два генотипа, две среды и два признака, можно наблюдать 72 различных типа взаимодействия. При этом он дает общее выражение для различных комбинаций взаимодействия:

$$|(mn)!| \frac{k}{m}! m! n! k!,$$

где k — число различных критериев.

Следует иметь в виду и такое важное обстоятельство, что генетически различные группы могут в разных средах дать одинаковые результаты. По мере усложнения компонентов и видов взаимодействия число различных типов реакций сильно возрастает. Холдейн приходит к выводу о том, что какие-либо обобщения относительно «превосходства» одной группы людей над другой или одного человека над другим следует делать очень осторожно.

В исследовании «Новый тест достоверности при получении данных из ограниченных популяций в приложении к инбридингу у человека» (1963) Холдейн и Джакар дают математическое выражение распределения средних вариантов и ковариантов и корреляции в опыте в условиях ограниченной популяции. Они полагают, что их метод более точен, чем метод Стюдента для определения значения разности между средними величинами.

Последние годы своей жизни в Индии Холдейн руководил исследованиями по генетике человеческих популяций, в частности в штате Андхра-Прадеш, где коэффициент инбридинга среди прибрежных популяций, насчитывающих свыше 10 млн. жителей, превышает 0,02. Он

считал, что развивающиеся страны должны предпринимать доступные им исследования в тесном сотрудничестве с квалифицированным научным персоналом передовых стран. Холдейн планировал работы по сцепленной с полом цветной слепоте, изучению наследования сцепленного с Y-хромосомой гипертрихоза ушей, глухонемоты и склонности к леворуконости, а также генетические исследования местных популяций, например, изучение частоты дефекта активности глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы в малярийных районах штата Андхра-Прадеш. Но смерть помешала Холдейну осуществить эти планы.

Таким образом, Холдейн был первым ученым, заложившим основы демографической генетики как самостоятельной дисциплины. Будучи в основном ученым-теоретиком, сам он не принимал непосредственного участия в изучении человеческих популяций, и тем не менее его идеи оказали весьма плодотворное воздействие на успехи демографической генетики. Его мысль о синтетическом объединении достижений из области генетики человека с математико-статистическими моделями, разработанными применительно к демографии, открывает новые пути для использования количественного подхода к науке о человеке.

Идеи, имеющие непосредственное отношение к демографической генетике, были изложены Холдейном в 10 сообщениях по математической теории эволюции, которые печатались в период с 1924 по 1934 г. В этих работах был сформулирован основной круг вопросов, подлежащих изучению и определены конкретные случаи отбора, которые требуют дальнейшего исследования; наконец, сделана первая попытка применить законы менделевской генетики к демографическому материалу, чтобы объединить их в единую науку.

На основании тщательного математического анализа Холдейн пришел к следующему выводу: оценка замедленного или ускоренного темпа отбора и его эффективности во времени в пределах обособленной популяции может быть успешно осуществлена лишь после того, как исследователь будет располагать материалами об особенностях наследования данного признака, об особенностях и системах размножения конкретных организмов, о наличии отбора (касающегося представителей того или иного пола или у того и другого), об интенсивности отбора и, нако-

нец, о темпе прогрессивного развития или угасания отдельного признака в отдельных группах организмов.

Холдейн неоднократно указывал на то, что эффективные и действенные исследования в науке о народонаселении возможны лишь на стыке ряда дисциплин: философии, социологии, социальной гигиены, экономической географии, истории, демографической статистики, социальной психологии, этнографии и физической антропологии и таких разделов биологии, как генетика и физиология. Он часто возвращался к классическим трудам по естественному отбору у человека, например к работам К. Пирсона о наследовании долголетия, Р. Фишера о наследовании плодовитости, М. Н. Карна и Л. С. Пенроуза об отборе на вес при рождении, и беспощадно критиковал³⁵ работы, в которых замалчивались эти классические исследования.

На основе данных Пенроуза о весе младенцев при рождении и о смертности среди новорожденных в Лондоне Холдейн вычислил интенсивность естественного отбора, которая оказалась равной приблизительно 2,4%, и высказал гипотезу о повышенной плодовитости тех индивидов, вес которых при рождении превышал на 1 кг оптимальную величину, рассматривая это как компенсацию за повышенную смертность среди таких крупных новорожденных (1961).

Холдейн видел перед современной медицинской генетикой следующие задачи.

1. Дифференцировать врожденные заболевания, обнаруженные при рождении или вскоре после него. Например, иногда имеет место врожденный сифилис, который развивается вследствие пренатального заражения. И есть группа заболеваний, которая в значительной степени также зависит от ненормальных условий пренатального периода, но где причастен и элемент наследственности (сужение привратника, монголизм и др.), что поддается контролю лечебно-профилактическими мерами в пренатальный период, например введением соответствующих гормонов в материнский организм.

2. Различать внешне сходные заболевания, вызванные различными факторами, поскольку даже различные формы одной болезни требуют различных профилактических и терапевтических мероприятий.

³⁵ См., например, его статью «Parade of ignorance» («Парад невежества») — «J. of Genetics», 1962, v. 58, p. 138.

3. Отличать факторы генетического порядка от факторов внешней среды при изучении наследования таких, например, заболеваний, как рахит или туберкулез.

Джон Бернал в письме к автору настоящей книги от 8 мая 1967 г. писал: «Эволюцию научных интересов Холдейна следует рассматривать в развитии от физиологии к биохимии с выходом в генетику. На этом пути он принял активное участие в дискуссии по вопросу о взаимодействии наследственности и среды, придавая большое значение роли внешнего социального фактора. Он никогда не был сторонником и последователем школы менделевского детерминизма и резко выступал против применения учения Менделя к человеческим популяциям. С самого начала научной деятельности Холдейн выступал против мистических представлений и боролся с ними».

При публикации научных работ, исходящих из его лаборатории, Холдейн неизменно отдавал должное (а часто переоценивал) роль того или иного из своих сотрудников в постановке отдельных исследований. К сожалению, оставшиеся после него работы содержат лишь часть тех бесценных идей, которыми он щедро делился со своими учениками и коллегами.

Обобщив и подвергнув математической обработке данные, собранные многочисленными исследователями, Холдейн обогатил теорию новыми генетическими идеями, используя для этой цели тончайшие аналитические методы. Профессор С. А. Б. Смит, ныне возглавляющий кафедру биометрии Лондонского университета, отмечает, что «Холдейн обладал удивительным даром проникать в самую суть генетических явлений. Он не страдал „болезнью предвзятых идей“ и от его взора не ускользало многое из того, мимо чего проходили его коллеги по профессии. Он всегда с готовностью прислушивался к критическим замечаниям о том, что он в тех или иных своих построениях не был прав. Если кто-нибудь обнаруживал ошибку в его работах, он, как правило, говорил: „Вы правы, мы опубликуем это в виде совместного сообщения“. Он никогда не воспринимал критику по вопросам науки как личный выпад в его адрес и, если он публично выступал с критикой своих коллег, то всегда строго придерживался фактической стороны дела»³⁶.

³⁶ *Cedric A. B. Smith*. «Ass. of Scientific Workers Journal», 1965, v. 11, N 2.

Выступая в 1963 г. на XI Международном конгрессе генетиков в Гааге с докладом «Значение современной генетики для человеческого общества», Холдейн говорил: «Необходимо, чтобы широкие массы людей знали основы генетики человека, поскольку этот вопрос касается всего человечества. Незнание может дать простор для пропаганды предрассудков или псевдонаучных теорий. Задача ученых — разъяснить и пропагандировать основу знания и неустанно развивать науку о наследственности».

Радиационная генетика

Прогноз генетических повреждений, индуцируемых радиацией, и разработка биологических мер защиты от вредного действия радиации являются одной из наиболее актуальных проблем современной радиационной генетики.

Работы Холдейна в области радиационной генетики появились за шесть лет до взрыва атомной бомбы в Нагасаки и Хиросиме. 18 мая 1939 г. в газете «Дейли Уоркер» была напечатана сенсационная для того времени статья — «Перспективы использования атомной энергии». В ней Холдейн на основании тщательного анализа новейших успехов ядерной физики предсказывал реальную возможность создания в ближайшие годы атомной бомбы и рассматривал почти все аспекты, связанные с разработкой атомной энергии.

В декабре 1964 г., после кончины Холдейна, эта статья была вновь напечатана в «Дейли Уоркер», чтобы показать удивительный дар его научного предвидения. Фактический материал, позволивший Холдейну сделать столь ответственные обобщения, был опубликован в журнале «Nature» в серии сообщений физиков-теоретиков в конце 1938—начале 1939 г.

Холдейн не ограничился, однако, общими научными прогнозами, как генетик он попытался решить некоторые вопросы, связанные с воздействием ионизирующего излучения на наследственный аппарат живых организмов.

В работе 1947 г. «Вредный эффект индуцированных рецессивных мутаций» Холдейн, используя исследования Г. Мёллера³⁷, попытался показать, что видимые эффекты

³⁷ H. J. Muller. The role played by radiative mutation in mankind. — «Science», 1941, v. 93, p. 438.

от рецессивных мутаций, обусловленных радиацией, достигнут своего максимума спустя четыре-пять поколений и будут сохраняться приблизительно на одном и том же уровне в течение достаточно долгого времени. В будущем каждая вредная рецессивная мутация будет обуславливать гибель определенного количества зигот. Эта элиминация может происходить различными путями. Если ген летальный, то гибель произойдет на очень ранней стадии развития и, возможно, приведет к понижению плодовитости. На более поздних стадиях вредные мутации могут обусловить аборт, мертворождение и смертность в раннем возрасте. И, наконец, подобная мутация может повести к понижению жизнеспособности организма, например человека, в среднем на 5%. Холдейн считает, что если данная популяция окажется облученной, то продолжительность жизни уменьшится более чем наполовину. Это будет относиться ко всем мутациям, которые в основном понижают жизнеспособность гомозигот и тем самым элиминируются из популяции.

Используя ряд математических расчетов, Холдейн приводит данные по возникновению мутации в человеческой популяции в результате взрыва атомной бомбы при условии, что каждый индивидуум получит в среднем дозу в 20 рентген. Общее количество возникающих рецессивных летальных мутаций с учетом данных, полученных на дрозофиле, будет около 4000. Холдейн, однако, высказывает предположение, что это количество должно быть увеличено по отношению к человеку, поскольку он имеет большее число генов, чем дрозофила, а также в силу его более высокой радиочувствительности. Возникшие мутации будут обуславливать гибель людей в течение многих поколений, и, по-видимому, на каждое поколение около 20 смертей из 100 000 будут результатом облучения.

Для оценки генетического действия радиации на человека необходимо располагать рядом данных: о величине дозы, удваивающей спонтанную частоту мутаций, об относительной генетической радиочувствительности как половых, так и соматических клеток, о роли фактора времени в генетическом эффекте действия радиации (т. е. было ли облучение острым или хроническим, однократным или фракционированным). Все эти данные необходимо получить в отношении разных видов ионизирующих излучений и по разным типам мутаций (генные, хромосом-

ные). Но и в настоящее время эти вопросы в отношении человека еще не полностью изучены.

В связи с этим представляет, безусловно, интерес круцианская лекция Холдейна «Формальная генетика человека», прочитанная им в 1948 г. в Лондонском королевском обществе, где он впервые выдвинул ряд положений, на основании которых можно высчитать минимальную удваивающую дозу. Холдейн исходил из аналогии между закономерностями у человека и у других организмов, в частности у дрозофилы и мыши. Сущность его подхода состояла в оценке доли частоты спонтанных мутаций у человека, которую можно, вероятно, приписать действию излучения естественных источников. Он полагал, что если принять: f — часть спонтанных мутаций, обусловленная действием излучения естественных источников, r — мощность дозы, создаваемой естественным фоном (r в день), m — частота мутаций, вызываемых облучением дозой в 1 г, s — частота спонтанных мутаций, t — средний возраст особей, участвующих в размножении (дни), для дрозофилы, то

$$f = \frac{mrt}{s}.$$

Для случая человека те же величины Холдейн обозначил соответствующими прописными буквами:

$$F = \frac{MRT}{S}.$$

К этой формуле нередко прибегают, причем следует отметить, что частоты спонтанных и индуцированных мутаций (s и m) у дрозофилы установлены более точно, чем у человека (S и M).

В 1955 г. Холдейн вновь возвращается к этому вопросу³⁸. В том же году он выступает с полемической статьей «Генетический эффект атомных взрывов» против Дж. Коккрофта, полагая, что тот недооценивает опасности генетического эффекта радиации³⁹. Холдейн считал, что

³⁸ J. B. S. Haldane. Genetical effects of radiation from products of nuclear explosions. — «Nature», 1955, v. 176, p. 115.

³⁹ J. B. S. Haldane. The genetic effects of atomic bomb explosions. — «Current science», 1955, v. 24, p. 399.

доза, удваивающая частоту мутаций у человека, несколько превышает 3 рентгена на поколение, а не 50 рентген, как полагал Джон Коккрофт. «Я умышленно, — пишет Холдейн, — использовал расчеты, полученные до того, как возник вопрос о генетическом эффекте, вызванном экспериментальными взрывами. Более поздние расчеты могли быть продиктованы сознательными или неосознанными политическими предубеждениями. Исследование этого вопроса требует исключительно осторожного планирования с учетом того обстоятельства, что многообещающие программы исследований могут оказаться излишними. До опубликования результатов такого рода исследований многим биологам трудно будет разделить оптимизм сэра Джона Коккрофта».

Далее Холдейн указывает на то, что Коккрофт не учитывает генетическую опасность радиоактивных осадков в таких слаборазвитых странах, как Индия, Пакистан, Индонезия, в странах тропических районов Африки, Бразилии, где население большую часть времени проводит на воздухе, а их жилища отличаются тонкими стенами и не защищены от гамма-облучения. «Я уверен, — пишет он, — что Коккрофт сожалеет об этом, но некоторые, связанные с ним лица, могут и не разделять его чувств. Так, например, сэр Эрнст Рок Карлинг, официальный представитель Британского правительства на недавно состоявшейся Женевской конференции заявил:

„С точки зрения планирования население земного шара может превысить в будущем количество потребляемых пищевых продуктов и в этом случае, может быть, не следует уж очень сожалеть о снижении плодовитости и сокращении длительности жизни человека. Еще меньше хлопот в отношении стран тропического пояса“.

Интересно отметить, что Научный комитет ООН по действию атомной радиации на человека в результате детального рассмотрения и обсуждения данных по генетическому действию радиации пришел к выводу, что доза, удваивающая спонтанный темп мутации у человека, лежит между 10—100 рентгенами. Очевидно, что данные оценки величины мутагенного эффекта радиации приближительны, и потребуются еще многие и многие исследования по радиационной генетике млекопитающих, чтобы получить более точную оценку генетического действия радиации на человека».

На Международном генетическом симпозиуме в Японии в 1956 г. Холдейн предложил следующие этапы исследований для более точного определения частоты мутаций, возникающих под влиянием облучения у мышей.

1. Изучение влияния облучения на соотношение полов. Сопоставление данных в отношении мышей с данными в отношении человека, собранными в разных странах, для сравнения мутабельности этих двух видов.

2. Изучение видимых мутаций, включая летальные, действующих на поздней стадии развития зародыша или после рождения.

3. Изучение возникновения транслокаций и инверсий с помощью анализа их влияния на плодовитость и частоту нарушения сцепления (эти изменения могут наблюдаться при воздействии большими дозами и в короткие сроки).

4. Установление рецессивных леталей, сцепленных с полом, путем использования сцепленных с полом маркеров.

5. Изучение частоты мутации отдельных генов.

6. Учет аутомсомных рецессивных леталей с помощью метода Холдейна, разработанного им для анализа возникновения рецессивных леталей (1956).

7. Обнаружение мутаций методом Грюнберга, разработанным им для анализа повышения частоты мутаций признаков скелета у мышей (1954).

8. Использование статистических методов обработки данных о длительности жизни, плодовитости, темпе роста и т. д. у потомства мышей, подвергнутых облучению, что позволит выявить мутации, повышающие жизнеспособность, поскольку естественный отбор элиминирует гены, снижающие жизнеспособность.

Понятие «генетического груза» позволило Холдейну в 1957 г. подойти к оценке суммарного влияния мутаций на популяцию, что приобретает все большее значение для изучения влияния радиации и мутагенных химических веществ на частоту возникновения мутаций у человека.

В работе 1956 г. «Определение темпа мутаций под влиянием ионизирующей радиации у млекопитающих» Холдейн выступает как воинствующий гуманист: «... это сообщение опубликовано в Индии, — пишет он, — надеюсь, оно полностью будет воспроизведено и в других странах по следующей причине. Описанный метод может быть успешно использован одной из держав, производящих

атомные бомбы, или в стране, связанной с такой державой. В этом случае неизбежно проявится тенденция либо к запрещению опубликования подобных результатов исследования, что раскрыло бы опасность атомных бомб для населения всего мира, либо стремление преуменьшить значение полученных данных. Надо думать, что в Индии или Японии проявится стремление к преувеличению значения этих данных. Если результаты, полученные в странах того и другого типа, в основном совпадут, то это и будет отражением истинного положения вещей».

В 1958 г. Холдейн еще раз возвращается к этой теме в лекции «Генетический эффект квантов и частиц высокой энергии», прочитанной в Калькутте.

Биохимия

Энзимология

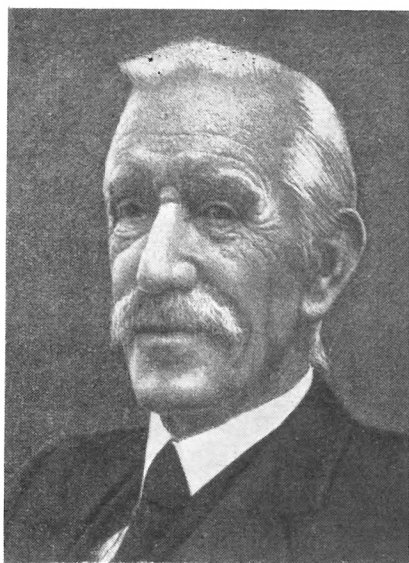
В ходе экспериментальных работ по изучению интимных механизмов, связанных с регуляцией щелочности и кислотности внутренней среды человека, у молодого Холдейна возникла потребность глубже вникнуть в сущность жизненных явлений и проследить за ходом тончайших процессов, происходящих в целом организме. Эта потребность диктовалась также и его интересами, лежащими в области генетики.

В 1920 г. он изложил теорию «один ген — один фермент»¹, возникшую под влиянием идей, высказанных еще в начале века Гарродом (1902)² и Л. Кэно (1903)³, а к 1922 г. Холдейн был уже автором нескольких математических исследований по генетике. Молодого ученого увлекает разгадка биохимической природы гена. Он решает

¹ *J. B. S. Haldane*. Some recent work on heredity. — «Trans. Oxford. Univ. Jr. Sci. Club», 1920, series 3, v. 1, p. 3.

² *A. E. Garrod*. Inborn errors of metabolism. Oxford, Univ. Press, 1902.

³ *L. Cuenot*. Hypothèse sur l'hérédité des couleurs dans les croisements des souris noires, grises et blanches. — «C. R. Soc. Biol.», 1903, v. 55, p. 301.



Фредерик Гопкинс

срочно овладеть основами биохимии и не штудированием учебников и прослушиванием лекций, а участием в экспериментальной и практической работе; пожертвовав каникулярным временем, летом 1921 г. он поступает в лабораторию клинической биохимии при Эдинбургском госпитале. Со студентами-медиками он участвует в обходе больных, но большую часть времени проводит в лаборатории, осваивая технику экспериментов, при этом занятия его тесно связаны с теми разделами физиологической химии, которые непосредственно или отдаленно касаются сущности механизмов наследственности и химии обменных процессов⁴.

Исследования Холдейна, посвященные изучению природы развития ацидоза и алкалоза, опубликованные в 1920—1923 гг. в физиологических журналах, а также его первые работы по сцеплению признаков заинтересо-

⁴ Возможно, Бэтсон имел в виду именно Джона Холдейна, когда однажды с грустью заметил: «Все одаренные молодые ученые изменяют генетике в пользу биохимии».

вали Ф. Г. Гопкинса (1861—1947), одного из крупнейших биохимиков того времени. После открытия триптофана Гопкинс интенсивно работал над изучением роли окислительно-восстановительных и энергетических процессов в мышечном сокращении и в 1921 г. возглавил лабораторию биохимии в Кембриджском университете. Его исследования путей образования молочной кислоты и обнаружение ее ничтожных количеств в покоящейся мышце (в период сокращения) в присутствии кислорода опровергли господствующую в то время теорию депонирования внутримышечного кислорода. Заслугой Гопкинса было и то, что он впервые показал невозможность поддержания жизни животных при наличии в пище лишь белков, жиров и углеводов. С его именем связано создание учения о витаминах — вспомогательных пищевых факторах, как он их назвал, без которых невозможна нормальная жизнедеятельность.

Для понимания эволюции интересов Холдейна особенно важен тот факт, что именно в этот период Гопкинс задался целью изучить врожденные нарушения обмена веществ у человека. В 1922 г. он предложил Холдейну занять в его лаборатории место лектора по биохимии. С 1923 г. Холдейн приступил к чтению курса общей биохимии и раздела энзимологии, став вторым человеком в лаборатории после Гопкинса, и проработал с ним бок о бок десять лет — до 1932 г. Вспоминая об этом периоде, Холдейн писал: «Основной смысл моей деятельности состоял в том, что я руководил научной работой ряда сотрудников, работающих в самых разнообразных областях, включая физиологическую химию человеческого организма, животных, высших растений и бактерий».

Личные интересы Холдейна в области биохимии в этот период (1923—1930 гг.) сосредоточились на ферментах — основных катализаторах, координирующих развитие обменных процессов. Хотя к этому времени роль ферментов в метаболизме была установленным фактом, однако предстояло изучить специфику и диапазон их действия, функции и пути их реализации, а также создать научно обоснованную систему их классификации. Эти вопросы привлекали к себе внимание Холдейна на долгие годы. В 1925 г. в совместной работе с Дж. Е. Бриггсом Холдейну удалось показать, что кинетические реакции ферментов и степень сродства их к субстрату подчиняются известным законам

термодинамики. При помощи математического аппарата Холдейн разработал уравнение скорости развития некоторых ферментативных реакций.

В своих исследованиях Холдейн постоянно стремился соотнести локальные биохимические процессы с событиями, разыгрывающимися в целом организме, т. е. работая в области биохимии, он оставался физиологом. Термином «механизм» он пользовался с оговорками и скептически относился к многочисленным попыткам своих коллег переносить данные, полученные в динамических опытах *in vitro*, к явлениям *in vivo*.

В 1930 г. он опубликовал монографию «Энзимы» — сильно расширенный и переработанный для печати цикл лекций, прочитанных им в Кембридже в 20-х годах.

Холдейн считал, что эта книга в значительной степени является дальнейшим развитием положений В. Бейлиса («Природа действия энзимов», 1923), в которой тот отстаивал взгляд на энзимы как на катализаторы. В 1931 г. по инициативе крупного биохимика и генетика Курта Штерна книга была переведена на немецкий язык, а в 1934 г. — на русский (редакция и перевод С. И. Пронина).

Холдейн предполагал, что его читатель обладает значительными знаниями органической и физической химии, а также химии углеводов и высшей математики. Поэтому книга отличается лаконичностью, а математическая сторона представляет определенную трудность для понимания, поскольку автор, как правило, опускает довольно сложные промежуточные преобразования и дает сразу конечный результат.

Оценивая достоинства монографии «Энзимы», Л. Михаэлис в предисловии к немецкому изданию отмечал, что по насыщенности мыслями и фактическим материалом она стоит в одном ряду с такими солидными руководствами, как «Ферменты и их действие» К. Оппенгеймера и «Химия энзимов» Эйлера.

Книга Холдейна появилась в начальный период исследований в области энзимологии, в момент, предшествовавший кинетической стадии, когда стадия химических исследований еще не наступила, поскольку не была ясна природа ферментов. Холдейн на основе вполне допустимых предположений вычислил чистоту ферментных препаратов, приготовленных производственным способом, время жизни ферментно-субстратных комплексов и скорость реакций.

С ходом развития энзимологии взгляды Холдейна в некотором отношении, естественно, устарели. Но заслуга его, состоящая в том, что он придал этому разделу биохимии конкретность, осталась. Характерно, что Холдейн предвидел значение действия специфических ферментов в аналитических и химических процессах и высказал предположение, что изучение кинетики действия ферментов может способствовать пониманию их структуры, что было для того времени поистине пророчеством. Теперь мы знаем, что по концентрационным кривым активности ферментов можно судить, построены они из одной или нескольких субъединиц.

Глубокое знание всего, что было тогда известно о ферментах, и широкая осведомленность в вопросах генетики позволили Холдейну синтезировать обе эти важнейшие биологические науки.

Индийский биохимик профессор Д. П. Бурма в статье, посвященной памяти Холдейна, писал: «Всего лишь два-три десятилетия назад в науке стали упоминать о генах и ферментах. Трудно представить себе кого-нибудь, кроме Холдейна, кто как он не только имел возможность поставить на ноги эти молодые науки, когда они еще находились в эмбриональном периоде, но и наблюдать, как они сейчас созрели. Интимное родство между генами и ферментами — установленный факт.

На стыке биохимии и генетики родилась молекулярная биология. Холдейн относился к тем избранным, которые могли свободно вторгаться из одной области естествознания в другую и зорко следить за развитием и частного, и целого, что доступно лишь немногим»⁵.

Весьма важно, что физико-химическая трактовка изучаемых биохимических явлений дана Холдейном в полном соответствии с успехами физической химии в тот период. Однако несмотря на интенсивное развитие физической химии за последние сорок лет, в первую очередь в области кинетики и катализа, изучения структуры веществ биохимического происхождения и исследования механизма взаимодействия веществ с излучением, книга Холдейна не утратила своего дидактического значения и с соответствующими изменениями и дополнениями для специалиста, работающего в области динамической энзимологии, может

⁵ «Science reporter» (New Dehli) Haldane number, 1965, p. 514.

представить интерес и в наше время. Современные представления о теории активации и об основных чертах каталитических процессов своими корнями связаны с этой работой Холдейна.

В предисловии, написанном в мае 1964 г., к американскому переизданию книги «Энзимы» Холдейн так характеризует современное значение книги.

«Переиздание книги преследует четыре цели:

во-первых, позволяет заинтересованным специалистам ознакомиться с уровнем знаний в своей области в недавнем прошлом. Работникам в энзимологии не безынтересно знать, что было и чего не было установлено в науке к 1930 г.;

во-вторых, может способствовать выяснению, какие направления исследований не получили должной систематической разработки и нуждаются в дальнейшем плодотворном развитии. Таблицы II (оптимальные значения рН для многих энзиматических реакций), V (концентрации субстрата, дающие половину максимальной скорости) и XII (температурные коэффициенты некоторых энзиматических действий), казалось бы, невольно ведут к обобщениям, которые, быть может, окажутся ложными, а с другой стороны, возможно позволят по-новому осветить общие вопросы, связанные с действием ферментов. Если бы я ушел на покой и перестал бы работать в науке, а этого еще не случилось, и к тому же жил бы в глуши, где к моим услугам была бы отличная библиотека, я бы попытался расширить содержание этих таблиц до объема отдельной монографии;

в-третьих, книга может оказаться полезным источником по библиографии, справочным аппаратом, по исследованиям прошлых, ныне нацело забытых лет; может при этом стать, что некоторые работы того времени будут иметь отношение к науке сегодняшнего дня;

в-четвертых, она может быть воспринята и как Серьезное Предупреждение. Читатели, возможно, воскликнут: «Как мог Холдейн, у которого изложение материала по кинетике ферментов в главах III и V требует многих дополнений (но лишь незначительных поправок!), ставить не на ту лошадь, как он делает это в некоторых последних главах книги». Возможно, что некоторые нынешние специалисты, молекулярные биологи, могут оказаться столь же близорукими, как я, и сейчас, 34 года спустя.

Думается, что с момента выхода моей книги энзимология развивалась в трех основных направлениях:

во-первых, очистка многих ферментов. Начиная с первой работы Дж. Б. Семнера установлено, что все ферменты являются белками и что многие лишены простетической группы;

во-вторых, в некоторых случаях мы знаем, а в ряде случаев можем с большой долей вероятности предположить, что структура фермента точно определяется структурой одного или более генов;

и, наконец, в-третьих, нам известно, что метаболические процессы — такие, как окисление и синтез, представляют собой серии катализируемых ферментом реакций. Реакции эти обратимы, поскольку они вызывают незначительное изменение свободной энергии. В них и вовлекаются малые молекулы, часто нуклеотиды, подобные аденозин-фосфатам и фосфопиридиновым нуклеотидам, которые в 1930 г. еще не были известны.

В ту пору я глубоко верил в то, что 30 лет спустя мы будем знать точную структуру активных центров ряда ферментов и исходя из этой структуры сможем составить ясное представление о свойствах ферментов. Моя мечта еще не сбылась. Частично это можно объяснить тем, что активные центры, видимо, включают в себя аминокислотные остатки ряда близлежащих и слабо между собой связанных пептидных цепей.

Мечтаю дожить до того времени, когда смогу прочесть работу, в которой автор, исходя из последовательности аминокислот в двух ферментах объяснит, почему один из ферментов должен быть эстеразой, а другой — пептидазой...

... Такое переиздание лишней раз убеждает меня в том, что я не зря прожил жизнь»⁶.

Профессор Рене Вюрмсер (которого Холдейн в предисловии к «Энзимам» благодарит за ценные советы при подготовке книги к печати), говорил, что на этой книге воспитывалось, по крайней мере, два поколения современных биохимиков. После смерти Холдейна он вспоминал о нем: «Мы всегда в нем видели друга французской науки. Он часто приезжал с лекциями в Сорбонну, в Институт фи-

⁶ J. B. S. Haldane. Enzymes. Massachusetts Institute of Technology, M. I. T. Press, Cambridge, Mass., 1964.

зико-химической биологии, в Институт Анри Пуанкаре. Он обладал редким даром приходить в восторг от научных успехов и открытий своих коллег и страстно писал и говорил об этих работах, дополняя и развивая их за счет своего удивительного воображения.

Еще в ту, теперь далекую, пору конца 1920-х годов, Холдейн умел постигать тайны природы, доводя их до молекулярного уровня. За формальным выводом математических формул всегда проглядывал азартный поиск глубоко запрятанных причинных механизмов, направляющих течение процесса»⁷.

До конца жизни Холдейн сохранял чувство благодарности к своим учителям. В предисловии, написанном в мае 1964 г. к американскому переизданию книги «Энзимы», он писал: «Сэр Фредерик Гопкинс был человеком необыкновенной скромности и главным редактором той научно-монографической серии, в которой эта книга впервые увидела свет. Поэтому я не мог в предисловии 1930 г. выразить, как многим я ему обязан. До того как я начал работать в его лаборатории, я пользовался ферментами лишь в качестве аналитического инструмента и не придавал им никакого значения. Гопкинс убедил меня в том, что ферменты представляют собой центральную проблему биохимии. А мой отец, Джон С. Холдейн, примерно в 1910 г. установил, что, хотя гемоглобин не что иное, как гигантская молекула, его реакции можно предсказать на основании законов, относящихся к малым молекулам. Мне же оставалось лишь свести воедино концепции этих двух выдающихся ученых и разработать теорию действия ферментов, которая в основных своих положениях, хотя и в несколько схематической форме, подтвердилась».

Теория о происхождении жизни на Земле

В конце 1928 г.⁸, а затем в 1929 г.⁹ Холдейн изложил свою гипотезу о вероятном механизме процесса происхождения жизни на Земле в лаконичном очерке «Возникновение жизни».

⁷ «Haldane and modern biology». Baltimore, J. Hopkins Press, 1968, p. 315.

⁸ Anonymous. News and views. — «Nature», 1928, v. 122, p. 933.

⁹ Дж. Б. С. Холдейн. Возникновение жизни. — В кн.: Дж. Бернал. Возникновение жизни. М., «Мир», 1969, с. 295—303.

Выступление Холдейна с обоснованием своей теории происхождения жизни явилось вполне закономерным, поскольку к этому времени он проявил себя как экспериментатор и теоретик почти во всех областях биологических наук (генетика, математическое обоснование эволюционного процесса, энзимология, космическая биология), без чего немислима попытка подойти к решению проблемы происхождения жизни на Земле. Обращение к этой проблеме было также продиктовано глубоким интересом ученого к философским проблемам, к поиску теоретических решений генезиса живой материи с использованием данных из различных областей естествознания. В этот, короткий по форме, но блестящий по содержанию очерк Холдейн сумел вместить все основные концепции, связанные с проблемой происхождения жизни.

К проблеме предбиологической эволюции он подошел с позиций Дарвина. Эта проблема обосновывалась и последовательно разрабатывалась им и в дальнейших работах. Весь ход рассуждений Холдейна построен на признании постоянного изменения как среды обитания организмов, так и их собственной внутренней среды, что полностью отрицает существование каких-либо сверхъестественных сил. «В прошлом примитивный организм мог возникнуть только из другого, сходного организма; или если предположить здесь действие какого-то естественного или сверхъестественного агента, то он должен был быть, по крайней мере, столь же разумным, как мы сами, и притом гораздо более знающим»¹⁰, — пишет он.

По мнению английского биохимика Н. Пири, со времен Т. Гексли (1868) и Дж. Тиндаля (1874), когда первый выступил в защиту физической основы жизни, а второй решительно отверг религиозную точку зрения, заявив, что возникновение и развитие жизни — это естественный процесс и для его объяснения не требуется привлечения сверхъестественного творческого начала, еще не было такой четкости и ясности мысли при формулировке основных проблем, стоящих перед наукой о происхождении жизни, какую обнаружил Холдейн. Его теория о возможном механизме возникновения предбиологических систем из органических соединений покоилась на обширных зна-

¹⁰ Цит. по кн.: «Происхождение предбиологических систем». М., «Мир», 1966, с. 20.

ниях из области эволюционной биохимии — науки, которая в ту пору еще не оформилась в самостоятельную дисциплину.

Сообщение Холдейна было встречено с интересом, по крайней мере биохимиками; новизна предложенной гипотезы получила такое дружное одобрение, что Холдейн был несколько смущен и в работах (50—60-х годов) шутливо заметил, что сам начинает сомневаться в приемлемости своей гипотезы, поскольку он всегда с недоверием относился к ортодоксальности.

Ниже мы излагаем основные положения теории Холдейна, которую он развивал и дополнял в течение всей своей жизни по мере того, как периодически возвращался к ней. На протяжении 35 лет каждая из его статей по вопросу о происхождении жизни содержала, по крайней мере, одну новую гипотезу.

Классификация теорий происхождения жизни. В малоизвестной работе 1954 г. «Пути возникновения жизни» Холдейн так классифицирует теории происхождения жизни на Земле.

I. Материя и жизнь всегда существовали на нашей планете. Никакого начала не было (теория вечности жизни).

II. Жизнь — продукт деятельности сверхъестественного начала (витализм).

III. Жизнь развивалась постепенно, *эволюционно, в результате медленных химических реакций.*

IV. Возникновение жизни есть результат «невероятного события», неизбежность которого была *почти* predeterminedена во времени, при условии, что предварительно образовалось абиогенным путем достаточное количество материи соответствующего химического состава и соответствующего состояния. Слово «почти» имеет строго математический смысл. В данном контексте оно означает, что, каким бы малым положительным числом ни пользоваться, всегда можно определить отрезок времени, прежде чем вероятность неслучившегося события станет меньше названного числа.

Холдейн допускает правомочность и вероятность первой гипотезы. Однако считает, что если третья гипотеза окажется лишенной оснований, а четвертая — маловероятной, то только в этом случае первая гипотеза потребует самого пристального изучения.

Дж. Бернал основную ценность представлений Холдейна усматривал в том, что им были «впервые сведены вместе две главные идеи. Это, во-первых, представление о существовании промежуточных форм, которыми Холдейн считает вирусы — и, в частности, бактериофаг Д'Эрреля, и, во-вторых, идея об атмосфере, первоначально не содержащей кислорода»¹¹.

Условия первичной Земли. По мнению Холдейна¹², жизнь на Земле в своем современном виде могла возникнуть лишь тогда, когда во Вселенной возникла адекватная химическая обстановка, при которой кометы обогащали атмосферу Земли органическими соединениями. Он допускал, что в противном случае жизнь на нашей планете возникла бы значительно позднее. Она еще не развилась бы при теперешнем возрасте Земли в 4,5 млрд. лет или же была бы представлена лишь самыми примитивными формами.

«Спустя несколько тысяч лет после своего образования Земля, вероятно, достаточно остыла, так что на ней образовалась довольно постоянная твердая кора. Однако в течение очень долгого времени температура этой коры была выше температуры кипения воды и конденсация воды происходила весьма медленно. Примитивная атмосфера содержала, возможно, очень мало кислорода или не содержала его вовсе... Почти весь углерод органических веществ и большая часть углерода, содержащегося сейчас в меле, доломитах и известняках, присутствовала в примитивной атмосфере в виде двуокиси углерода. Вероятно, значительная часть того азота, который сейчас находится в воздухе, была связана с металлами, образуя нитриды земной коры, так что под действием воды происходило непрерывное образование аммиака. Солнце светило, может быть, несколько ярче, чем сейчас, и поскольку атмосфера не содержала кислорода, ультрафиолетовые лучи не задерживались почти целиком слоем озона (аллотропная форма кислорода) в верхних слоях атмосферы и самим кислородом в более нижних ее слоях, как это происходит теперь. Они достигали поверхности суши и моря или, по крайней мере, облаков»¹³.

¹¹ Дж. Бернал. Возникновение жизни, с. 304.

¹² J. B. S. Haldane. The origins of life. — «New biology», 1954, v. 16, p. 12.

¹³ Дж. В. С. Холдейн. Возникновение жизни, с. 300.

Абиогенные синтезы. Холдейн указывал, что если предбиотический мир был анаэробным, то любые появившиеся комплексные молекулы были более устойчивыми, чем в присутствии кислорода, и что тогда не мог еще существовать озон в атмосфере. Озон активно поглощает ультрафиолетовые лучи, и поэтому лишь небольшая их часть, входящая в состав солнечных лучей, проникает на Землю. До появления свободного кислорода в атмосфере ультрафиолетовые лучи могли проникать в больших количествах и быть мощным фактором для осуществления различных химических процессов.

В работе «Возникновение жизни» (1929) изложен ход абиогенного синтеза биологически важных молекул в условиях первичной Земли. «Известно, что при действии ультрафиолетовых лучей на смесь воды, двуокиси углерода и аммиака возникает множество различных органических соединений, в том числе сахара, а также, по-видимому, некоторых соединений, из которых образуются белки... Однако до того, как появилась жизнь, они, вероятно, накапливались, так что первичный океан достиг постепенно консистенции горячего жидкого бульона...».

Возникновение надмолекулярных систем из макромолекул. В работе «Происхождение жизни» (1957) Холдейн утверждает, что для жизни необходимы не только саморазмножающиеся молекулы, но и саморазмножающиеся системы таких молекул.

Мысль о постепенном усложнении организации носителей физической, химической и биологической форм движения материи Холдейн выразил в 1963 г. в своем выступлении на симпозиуме во Флориде:

«Физика в своих расчетах может предвидеть будущее. В физике практически установлено, что при объяснении свойств и поведения любой сложной физической системы, будь то атом, рассматриваемый как совокупность ядра и электронов, или молекула, рассматриваемая как совокупность атомов, на каждом этапе анализа мы сталкиваемся с новыми принципами организации. Теперь нам известны некоторые законы взаимодействия между атомами, между молекулами и т. д., изучаемые квантовой физикой, но для этого нам пришлось изучить сами молекулы. Я почти не сомневаюсь в наличии у живых систем значительно более сложных закономерностей того же типа, помогающих им сохранить свою структуру и функцию. Но я думаю, что

мы еще недостаточно хорошо разбираемся в современной физике, более того я беру на себя смелость утверждать, что большинство биологов мыслят категориями физики 1920, а не 1963 г. ... При рассмотрении жизни в любой ее форме нужно всегда принимать во внимание, что в происходящих переходах участвуют квантовые закономерности»¹⁴.

В работе «Возникновение жизни» (1929) это положение звучало несколько иначе: «Первые живые или полуживые объекты представляли собой, вероятно, большие молекулы, синтезировавшиеся под действием солнечных лучей и способные размножаться лишь в той исключительно благоприятной среде, в которой они возникли. Каждый из них, по-видимому, нуждался в целом ряде высокоспециализированных молекул для того, чтобы иметь возможность размножаться, а доступность этих молекул была делом случая».

Для утверждения необходимости системной организации при возникновении жизни Холдейн приводит следующее сравнение: «Одноклеточные организмы, в том числе бактерии, которые прошлому поколению людей казались совсем простыми, устроены гораздо сложнее бактериофагов. Это организмы, иными словами, это уже целые системы, отдельные части которых действуют согласованно. Каждая часть специализирована для выполнения определенной химической функции и производит химические молекулы, необходимые для роста других частей. В результате клетка, как правило, может обходиться, потребляя молекулы нескольких типов, которые превращаются внутри нее в более сложные вещества, необходимые для роста ее частей».

Там же Холдейн пишет: «Клетка состоит из многочисленных полуживых химических молекул, взвешенных в воде и заключенных в маслянистую пленку. В те времена, когда весь океан представлял собой огромную химическую лабораторию, условия для образования таких пленок были относительно благоприятными и тем не менее жизнь, возможно, находилась на „вирусной“ стадии на протяжении многих лет, прежде чем подходящий набор элементарных единиц оказался собранным в первичной клетке. Этому событию, наверно, предшествовало множество неудач, однако первая удавшаяся клетка располагала

¹⁴ Происхождение предбиологических систем, с. 70.

обильной пищей и неизмеримыми преимуществами по сравнению со своими соперниками».

В 1963 г. Холдейн отмечает, что у первых организмов весь обмен должен быть направлен в первую очередь на синтез нуклеиновой кислоты — матрицы для синтеза белка, катализирующего образование этой нуклеиновой кислоты.

В работе 1957 г. Холдейн пришел к заключению, что при наличии синтезирующих ферментов и подходящих субстратов, по-видимому, может быть точно воспроизведена большая молекула ДНК. При наличии в растворе нуклеотидов, подходящего фермента и, по-видимому, источника свободной энергии вполне возможно самовоспроизведение. «Едва ли вызовет сомнение, — писал он, — что „лесами“ для построения белков служат как ДНК, так и РНК»¹⁵.

В лекции 1963 г. Холдейн вновь подчеркнул необходимость наличия источников свободной энергии. Самой важной является его мысль о необходимости макроэргических соединений (фосфатов) и одновременного присутствия необходимых для жизненных процессов низкомолекулярных органических соединений. В этой работе матрицей для синтеза белка он уже считал РНК, а не ДНК.

В результате своих теоретических построений о первичности возникновения белков-ферментов или нуклеиновых кислот Холдейн оказался в замкнутом кругу. С одной стороны, для синтеза нуклеиновых кислот у первичных организмов необходимо наличие белков, катализирующих образование нуклеиновых кислот, а с другой — для синтеза белка нужна матрица — нуклеиновая кислота.

Чтобы выйти из этого заколдованного круга, Холдейн сделал два предположения. Первое: для образования нуклеотидов и их соединения между собой мог быть использован один неспецифический простейший фермент, являющийся, например, неспецифической фосфокиназой (переносчик фосфорной кислоты), который одновременно катализировал бы разные реакции (синтез нуклеотидов и их соединения в полимеры). Несмотря на такое предположение, Холдейн отлично понимал, что вероятность воз-

¹⁵ Цит. по кн.: «Происхождение жизни». Сб. «Планета Земля». М., ИЛ, 1961, с. 315.

никновения простейшего фермента типа рибонуклеазы (124 аминокислотных остатка) с необходимой специфической последовательностью аминокислот недопустимо ничтожна. Можно лишь думать о первичном возникновении активных полипептидов, значительно более мелких. Последнее подтверждается данными современной биохимии о том, что даже простые пептиды — участки белка, образующие активный центр, — могут обладать определенной ферментативной активностью.

Поэтому Холдейн выдвигает второе предположение. Не все комбинации, например в случае нуклеотидов РНК, являются одинаково вероятными по своим энергетическим возможностям. Некоторые конфигурации РНК могут быть значительно более вероятными, чем другие. Если бы среди них оказались биологически более целесообразные, то это резко повысило бы вероятность возникновения первичного жизненного субстрата (белка?). Холдейн предположил, что репликация РНК может быть вероятностным процессом, в результате которого могут образоваться различные варианты. Окончательная детерминация синтеза белков при усложнении первичной живой системы потребовала возникновения ДНК.

Первичные организмы. В работе «Возникновение жизни» (1929) Холдейн пишет, что «первые предшественники жизни располагали пищей в больших количествах и у них не было соперников, с которыми им надо было вести борьбу за существование. Поскольку в примитивной атмосфере было очень мало кислорода, а может быть, и не было его вовсе, они добывали необходимую им для роста энергию не за счет окисления, а за счет брожения.

Деятельность этих организмов должна была сильно зависеть, как это наблюдается у эмбрионов и бактерий, от ферментативных процессов, т. е. от добывания энергии с помощью каталитических реакций, протекающих на молекулярном уровне, когда эти процессы не связаны с окислительными процессами.

Возможно, что все ныне живущие организмы произошли от одного общего предка..., что жизнь возникла лишь однажды или, что более вероятно, потомки первого живого организма быстро продвинулись в своем развитии достаточно далеко, чтобы одолеть любых более поздних конкурентов, когда они появились на сцене.

Примитивные организмы использовали питательные вещества, содержащиеся в море, и некоторые из них начали осуществлять в своем собственном теле синтез, который прежде довольно нерегулярно осуществлялся под действием солнечного света; таким образом, эти организмы обеспечивали себе надежное снабжение пищей. Так возникли первые растения, обитавшие у поверхности океана и синтезировавшие пищу так же, как это делают их современные потомки.

По мнению многих биологов, мы, животные, происходим от этих растений. Среди молекул, составляющих тела, есть такие, которые по своей структуре сходны с хлорофиллом — зеленым пигментом, с помощью которого растения используют солнечный свет для своих нужд. Мы их используем для иных целей, нежели растения (например, для переноса кислорода) и мы, конечно, не знаем, являются ли они, так сказать, прямыми потомками хлорофилла или его родичами по боковой линии.

Все высказанные выше заключения носят спекулятивный характер. Они будут оставаться таковыми до тех пор, пока живые существа не будут синтезированы в биохимической лаборатории. Мы еще очень далеки от этой цели. Тем не менее я надеюсь дожить до той поры, когда будет синтезирован хотя бы один фермент. Вряд ли, впрочем, мне удастся дождаться того дня, когда будет синтезировано нечто живое, хотя бы в такой мере живое, как бактериофаг или вирус, и полагаю, что в течение ближайших столетий вряд ли удастся синтезировать какой-либо вполне самостоятельный организм. А до тех пор проблема происхождения жизни будет оставаться предметом спекуляций. Однако подобные спекуляции не бесплодны, потому что они доступны экспериментальной проверке».

Жизнь на других мирах. Вопросы о происхождении жизни Холдейн вскользь касается в лекциях, составивших позже книгу «Марксистская философия и науки» (1938). Он допускает, что первые организмы могли размножаться в инертной среде, но тут же указывает, что вирусы, нуждающиеся для размножения в организме-хозяине, могут потребовать от него размножения «подобно тому, как скороговорка требует непрерывного повторения». Холдейн замечает также, что при рассуждениях о химических процессах, связанных с происхождением жизни, можно впасть

в ошибку, если ограничиваться понятиями в рамках современной химии (к этой мысли он возвращается еще раз в 1944—1945 гг.).

Холдейн начинает свое рассуждение с того, что в составе света, поступающего из Галактики, обнаружено «красное смещение». Если это — эффект Доплера и Вселенная непрерывно расширяется, тогда, считает Холдейн, можно воспользоваться выводом Милна¹⁶ и допустить, что такое явление должно вызвать изменение во времени в процессе развития некоторых химических реакций, т. е. соотношения скоростей меж- и внутримолекулярных реакций должны подвергнуться изменениям. Холдейн считал, что в докембрийское время скорость, с которой энергия должна была высвобождаться из системы, напоминающей современную мышцу, была настолько мала, что наземное животное едва было в состоянии ползать.

Соотношение скоростей имеет непосредственное отношение и к диффузии, которая, по мнению Холдейна, является одним из главных факторов, влияющих на сохранение обмена веществ в клетках более простых организмов. Он допускает, что жизнь на клеточном уровне должна была выжидать наступления времени, когда изменившиеся химические процессы сделали бы возможным высвобождение соответствующего количества энергии, дабы сохранить требуемые условия внутренней среды.

В работе «Происхождение жизни» (1957) Холдейн развивает мысль, что жизнь также могла возникнуть и на других мирах. Причем химические основы ее там могут быть совершенно отличными от наших. Например, он считал, что на внешних планетах Солнечной системы

¹⁶ «Модель Вселенной по Милну» широко известна в космологии. Она является одним из возможных подходов к физическому описанию Вселенной и получается как предельный случай космологической модели, ранее предложенной советским ученым А. А. Фридманом. Однако порочная методология привела Милна к религиозно-мистическим выводам о происхождении Вселенной. Холдейн-марксист принял активное участие в дискуссии по космологическим проблемам. В популярной статье в «Дейли Уоркер» он разъяснил суть дела с точки зрения методологии диалектического материализма, подчеркнув значение научных теорий и открытий для формирования материалистического мировоззрения в вопросах мироздания.

В «Автоэпизоде», вспоминая эпизод с гипотезой Милна, Холдейн со свойственным ему юмором заметил: «Я отважился сунуть нос даже в астрономию».

жизнь возможна при низких температурах. В основе ее могут лежать реакции, протекающие не в воде, а в жидком аммиаке.

Данные астрофизики о температуре на Венере и Марсе позволяют, по мнению Холдейна, предполагать наличие на них жизни типа земной. Однако отсутствие или незначительное содержание кислорода в атмосферах этих планет свидетельствует о том, что интенсивность фотосинтеза там не может быть сколько-нибудь значительной, чтобы способствовать возникновению животного мира. «Если вообще возможно образование планет, — пишет Холдейн в этой работе, — сходных по составу с Землей, на определенном расстоянии от звезд, несколько меньших по массе, чем Солнце, излучение которых придает им подходящую температуру, то на таких планетах жизнь могла бы поддерживаться в течение значительно более длительного времени. Возможно, что именно на таких звездах биохимическая и психическая эволюция могла бы достигнуть наибольшего расцвета... Астрономические исследования ближайших лет, вероятно, помогут дать ответ на все эти актуальные вопросы».

Вклад Холдейна в разработку вопроса о происхождении жизни высоко оценил академик А. И. Опарин, посвятивший его памяти специальную статью, помещенную в мемориальном сборнике, вышедшем в Индии в 1965 г. Особенно он выделяет ту часть работы Холдейна 1929 г. «Возникновение жизни», где высказывается мысль о возможности существования «первичного бульона», подвергавшегося непрерывным изменениям.

Со своей стороны Холдейн рассматривал работы А. И. Опарина как весьма важные для развития теории происхождения жизни на Земле. Он писал: «А. Опарина и меня можно рассматривать как древнейших представителей той науки, которая занимается вопросом происхождения жизни на Земле. Однако между нами существенная разница. В то время как я не очень глубоко разбираюсь в этом вопросе, Опарин посвятил ему всю свою жизнь».

Нет никакого сомнения в том, что приоритет принадлежит не мне, а профессору Опарину. К своему стыду, я не читал его ранней работы и поэтому не могу ничего сказать. Однако, насколько я помню, мои первые печатные работы появились в 1927 г., а его — в 1924 г. В моей

маленькой статье вряд ли можно найти что-либо новое, чего не было бы в его книге. Речь может быть только о плагиате»¹⁷.

По мнению Дж. Бернала, гипотеза Опарина—Холдейна вывела проблему происхождения жизни из сферы чистых спекуляций, началась эра поисковых экспериментов в области синтеза¹⁸.

Биохимия наследственности и биохимическая теория эволюции

Зарождение биохимической генетики следует датировать началом 30-х годов, когда она еще называлась «физиологической генетикой». В ее основу было положено несколько направлений исследований, прежде всего опыты по анализу развития пигментации путем трансплантации имагинальных дисков глаза у насекомых (Бидл и Эфрусси, 1936) и работы по изучению биохимии наследования окраски цветков у примулы, выполненные Дж. Холдейном и Д. Де Уинтоном (1930—1935).

Исследования Бидла и Эфрусси по своему идейному замыслу и технике выполнения явились прямым продолжением методик, заимствованных из экспериментальной эмбриологии, и состояли в основном в трансплантации зачатков органов. Полученные результаты убедительно говорили в пользу биохимической природы генной регуляции и подсказали пути поисков соединений, участвующих в синтезе пигментов глаза.

В скором времени были уже сформулированы основные положения биохимической генетики на основе достижений химии ферментов, в частности опытов с классическим объектом — нейроспорой, выполненных Бидлом, Татумом и их сотрудниками. Последним удалось получить много мутаций, нарушающих пути синтеза аминокислот, витаминов и других соединений, и установить основные взаимосвязи этих процессов у нейроспоры. Они осуществили анализ ферментативных систем, участвующих в этих реакциях. Хотя окончательные формулировки положений

¹⁷ J. B. S. Haldane. Data needed for a blueprint of the first organism. — In: «The origins of prebiological systems». New York, Academic Press, 1965, p. 11.

¹⁸ Происхождение предбиологических систем, с. 77.

биохимической генетики были даны Бидлом и Татумом на основе работ по дрозофиле и нейроспоре, первые этапы развития науки связаны с исследованиями заболеваний человека (А. Е. Гаррод, 1902; Л. Кэно, 1903) и пигментов цветков (Дж. Холдейн).

Современные историки генетики Е. А. Карлсон, Л. С. Данн, Дж. Бидл и другие единодушно отмечают, что еще в период работы в лаборатории Гопкинса при изучении врожденных нарушений обмена веществ у человека Холдейн был одним из первых, кто обратил внимание на забытое исследование английского ученого А. Е. Гаррода, установившего в 1902 г. связь между действием гена и фермента¹⁹.

Е. А. Карлсон пишет: «Следует особо отметить заслуги перед биохимической генетикой Джона Б. С. Холдейна, как выдающегося теоретика. Он популяризировал работу Гаррода «О врожденных нарушениях» еще до ссылок на нее в исследованиях Дж. Бидла и Э. Татума. Он попытался связать генетику с биохимией в своей монографии «Биохимия генетики». К сожалению, Холдейн редко доносил свои теоретические построения до лабораторного воплощения, и разработку этого вопроса биохимической генетики в 1940 г. со всей справедливостью следует приписать Бидлу и Татуму»²⁰.

Сам же Бидл считает, что «книга Гаррода знаменует начало нового этапа — создания современной биохимической и медицинской генетики. Хотя работа Гаррода упомянута в работе Бэтсона (1913) и в его собственной книге, переизданной в 1923 г., она как-то затерялась на полках научных библиотек. Биохимики не интересовались генетикой, а генетики — биохимией. Лишь в середине 30-х годов в связи с изучением химии растительных пигментов были разработаны теории, весьма близкие к построениям Гаррода. Его спас из забвения английский генетик Джон Б. С. Холдейн, который в 1942 г. отметил, что открытие связи гена с ферментом, которое выдается за новинку, было предвосхищено еще тридцать лет назад Гарродом»²¹.

Холдейн был скорее теоретиком, чем экспериментатором в различных областях генетики (как эксперимента-

¹⁹ А. Е. Garrod. Inborn errors of metabolism. Oxford, 1909.

²⁰ Е. А. Carlson. The gene: A critical history. Philadelphia, 1966.

²¹ G. and M. Beadle. The language of life. New York, 1966, p. 130.

тор он известен в основном в качестве физиолога, ставившего опыты на самом себе), его вклад в биохимическую генетику следует рассматривать в плане теории, главным образом в истолковании биохимической природы действия генов. Этому вопросу в основном посвящены его труды: «Новые направления в генетике» (1941), «Биохимия генетики» (1954)²² и некоторые разделы «Энзимов» (1930).

Когда в 1928 г., после кончины Бэтсона, Холдейн возглавил Институт садовых культур, по его инициативе были начаты исследования пигментов, направленные на систематическое изучение биохимической основы действия генов. В качестве объекта исследования избрали лепестки цветков, имея в виду бесконечные вариации их окраски, а также потому, что в отличие от большинства пигментов животных пигменты лепестков можно было получить в относительно больших количествах и они отличались высокой растворимостью. Это обстоятельство облегчало работу с пигментами в лабораторных условиях.

Из-за отсутствия средств программа работ оказалась неосуществленной; однако в 30-х годах интерес к проблеме не угас, и вскоре группа молодых ученых опубликовала несколько сообщений по этому вопросу²³. Холдейн тоже участвовал в работах подобного рода, ему, например, удалось показать, что рН клеточного сока у растений контролируется генетическими механизмами.

К концу 30-х годов химия пигментов явилась одним из наиболее разработанных разделов биохимии растений. К этому времени уже была установлена структура, изменчивость и основные типы пигментов, а также гены, контролирующие состав различных пигментов, процесс образования и торможения синтеза коферментов, условия

²² По традиции, установившейся в нашей научной литературе, работу Холдейна «The biochemistry of genetics» ошибочно переводят «Биохимическая генетика», что несколько обедняет смысл и сужает круг проблем, стоящих перед этим ведущим разделом современной генетики, ориентируя скорее на изучение генетики биохимических признаков. Монографию Холдейна следует именовать «Биохимия генетики» или «Биохимия наследственности», поскольку она посвящена анализу природы биохимического механизма действия генов.

²³ См., например: R. Scott-Moncrieff. — J. Genetics, 1936, v. 32, p. 117 и др.

окисления и метилирования пигментов, вариации рН клеточного сока у ряда видов растений. Были поставлены опыты по изучению роли различных углеводов в формировании пигментов.

Итоги исследований Холдейна и его сотрудников в области генетических механизмов, контролирующих пигментацию цветков, были изложены в цикле лекций, объединенных в монографию «Новые направления в генетике» (1941). В книге много внимания было уделено проблеме гомологии генов у разных организмов, проблеме, которую так успешно (правда, в другом аспекте) разрабатывал Н. И. Вавилов, в частности в своей классической работе «Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости» (1920). Если Н. И. Вавилов изучал главным образом направления изменчивости признаков, то Холдейн сосредоточился на исследовании отдельных генов в аспекте их влияния на элементарные биохимические особенности организма. Ему удалось выявить сходство в действии аналогичных генов у разных видов растений и даже подобие в локализации их в хромосомах, что он исследовал еще в 1930—1935 гг. совместно с Де Уинтом.

Проблема гомологии генов имеет общебиологическое значение, так как решает вопрос, происходят ли сходные гены разных видов от одного и того же «гена-предшественника», или они возникли независимо, в ответ на одинаковые требования среды (подобно конвергенции признаков). При анализе закономерностей действия генов Холдейн придавал большое значение времени проявления генов в развитии организма. В работе «Время действия генов и их связь с некоторыми вопросами эволюции» (1932) на основании изучения генетического материала, полученного на растительных и животных объектах, Холдейн приходит к трем важным выводам.

1. Гены можно классифицировать в соответствии с временем их действия. Они могут действовать не только в диплоидных зиготах, эндоспермах и гаметах, несущих гены, но и в течение периода, превышающего жизненный цикл организма²⁴.

2. Предполагается, что изменение времени действия генов является важным фактором в эволюции и что неко-

²⁴ В частности, генотип матери может отразиться на фенотипе потомства.

торые случаи ортогенеза, включая дегенерацию, можно объяснить временем действия гена.

3. В организме, подверженном метаморфозам, действие гена, определяющего успех адаптации, зависит от ограниченного времени его действия.

Сопоставляя разные направления исследований Холдейна — генный контроль пигментации, проблему доминирования, гомологию генов — необходимо подчеркнуть взаимосвязь, казалось бы, совершенно разных проблем: биохимической природы и механизма действия генов, роли и принципов изменчивости генов в эволюции и, наконец, их участия в индивидуальном развитии организма. Все эти проблемы были в центре интересов Холдейна и связаны с основным вопросом о химической природе и механизме действия гена.

В монографии 1941 г. «Новые направления в генетике» Холдейн проводит аналогию между развитием ферментативных реакций и событиями на клеточном и субклеточном уровне и замечает: «Если за десять лет работы под руководством такого выдающегося биохимика, как Гопкинс, я убедился лишь в том, что биохимическое истолкование биологических явлений является более основательным, нежели морфологический подход, то я все же что-то усвоил и в чем-то преуспел».

Далее он пишет: «Так же как в случае с превращениями ферментов, ген превращается в одну из своих форм — рецессивный аллеломорф и более не выполняет свою первоначальную функцию или же выполняет ее значительно медленнее. При биохимическом подходе к изучению природы гена можно получить всестороннюю информацию о функции каждого гена. Но поскольку каждая клетка, по-видимому, содержит несколько тысяч генов, то потребуются самое тщательное и всестороннее изучение биохимии клетки, и это дело будущих поколений биохимиков и генетиков. На этом пути наука обогатится сведениями и в области физиологии развития, что будет бесценным приобретением»²⁵.

Основную гипотезу, известную как закон «один ген — один фермент», Холдейн сформулировал еще в 1920 г. Он был уверен и часто подчеркивал, что она справедлива в отношении всех организмов, в том числе и человека.

²⁵ J. B. S. Haldane. *New paths in genetics*. London, 1941, p. 24.

Однако идея эта была высказана не только Холдейном. Независимо от него и почти одновременно с ним С. Райт и Р. Гольдшмидт²⁶ пришли к аналогичному выводу.

Холдейн писал, что эта мысль возникла у него под влиянием работы Л. Кэно, который впервые исследовал генетические особенности пигментации у мышей и пришел к выводу о взаимодействии и контролирующем влиянии генов, участвующих в формировании окраски покровов²⁷.

Холдейн рассматривал гены как органы клетки и считал, что они выполняют определенную функцию. Он допускал, что гены есть не что иное, как клеточные катализаторы, весьма напоминающие по своим свойствам ферменты, и что они продуцируют определенное количество специфических ферментов; аллели же образуют ферменты, лишь количественно отличающиеся от специфических ферментов, которые продуцируют нормальные гены. Эта теория весьма близка к теории действия гена, предложенной в 1927 г. Р. Гольдшмидтом в том отношении, что в обоих случаях авторы допускают, что ген и его продукт идентичны и что мутации — это всего лишь изменения в количестве продуцируемого фермента. Точно так же идентифицировал гены и их продукты советский генетик Н. К. Кольцов²⁸.

Пожалуй, наиболее богатый материал в пользу такого представления давали работы по иммуногенетике, по изучению влияния генов на синтез антигенов, прежде всего в крови животных и особенно человека. К вопросу о наследовании антигенов Холдейн возвращался неоднократно, например в 1935 г., а потом снова в 1953—1954 гг.²⁹ Но в то же время неясность проблемы, неочевидность идентичности гена и его продукта заставляли Холдейна рассматривать и другие возможности, модифицировать гипотезу. Так, в 1935 г. он развил теорию «один ген — один фермент», показав регулирование деятельности специфических ферментов генами.

²⁶ См. Haldane and modern biology. Baltimore, 1968, p. 45.

²⁷ J. B. S. Haldane. The biochemistry of genetics. London, 1960.

²⁸ См. Н. К. Кольцов. Организация клетки, М., 1936, с. 585, 623.

²⁹ J. B. S. Haldane. Contribution de la génétique à la solution de quelques problèmes physiologiques. Reunion Plénière de la Soc. de Biologie. Paris, 1935; J. B. S. Haldane. The genetics of some biochemical abnormalities. Lecture on the scientific basis of medicine, 1953—1954, v. III, p. 41.

Поскольку Холдейн по складу своего мышления был абсолютно свободен от догматизма, он неоднократно пересматривал эту проблему (которая была предметом его постоянного интереса) и вносил в нее поправки. В более поздние годы он допускал, что первичный генный продукт отличается от самого гена, и затем отказался от мнения, что аллели одного и того же гена отличны друг от друга лишь количественно. В конце 30-х годов Холдейн утверждал, что мутантные гены отличаются от исходных генов (в пределах одного локуса) не только количественно, но и качественно. Он считал, что отдельный «наследственный признак» может развиваться лишь при наличии множества генов (следовательно, должно быть, по крайней мере, два доминантных гена или более) и был убежден в том, что действие заданного набора генов зависит от внешней среды.

Холдейн отмечает, что уже во втором десятилетии XX в. Хагедурн (Hagedoorn) рассматривал гены как субстанцию, определяющую ход внутриклеточных процессов. «В настоящее время, — пишет он, — мы все больше осознаем, что намного приблизимся к пониманию истинного развития событий, если будем рассматривать ген как субстанцию, ведающую координацией процессов, а не как „наследственную единицу“», и далее подчеркивает, что его взгляд является «лишь одной из ступенек на бесконечном пути к познанию истины»³⁰.

Особое внимание Холдейн уделял вопросу пространственного расположения генов в клетке и связям его с другими генами. Он допускал, что среди генов существует функциональная специализация — от одних зависит выработка группы гормонов (или гормона), от других — окислительно-восстановительные процессы и т. д. Холдейн рассматривал ген как субстанцию белковой природы, которая по своему размеру скорее всего приближается к величине белковой молекулы, но не исключал, что ген, подобно вирусу, является нуклеопротеидом.

По мнению Холдейна, функция гена, его координирующая деятельность должна быть охарактеризована в химических понятиях. Весьма трудно допустить, что ген непосредственно управляет окислительными процессами, т. е. участвует в них как каталитический агент, ско-

³⁰ J. B. S. Haldane. *New paths in genetics*. London, 1941, p. 21.

рее следует предположить, что он играет в координации опосредствующую роль. Холдейн даже высказывал мысль, что регуляторная функция гена (ген — окислительный процесс) может быть и многоступенчатой природы («многоступенчатой»), напоминая систему «причинных ступенек», наблюдаемую между событиями, разыгрывающимися между моментом активности нервного центра и сокращением группы мышц.

Когда в 1940—1950-х годах распространилось мнение о ведущей роли нуклеиновых кислот в наследственности, Холдейн выступил с гипотезой, которая, как мы теперь знаем, оказалась в принципе верной. В докладе на VI коллоквиуме Общества физиологической химии «Значение макромолекул для эволюции и дифференцировки» (1956) он говорил, что имеется два типа макромолекул. Первый — линейные (неветвистые) макромолекулы, как ДНК или протамины. Только такие молекулы способны копироваться, сохраняя мутационные изменения. Второй тип макромолекул — нелинейные, как, например, инсулин, вазопрессин или окситоцин. Они не копируются.

Правильность этой гипотезы заключается в том, что, действительно, копироваться при репликации могут только линейные макромолекулы ДНК или РНК (у вирусов). Ошибка Холдейна заключалась в том, что в группу способных к копированию макромолекул он зачислил и некоторые белки. Между тем теперь известно, что перекодирование белок—белок или белок—нуклеиновые кислоты невозможно или, во всяком случае, в живой природе этого не происходит³¹. Теперь это принимается как «основная догма молекулярной биологии».

Ошибка Холдейна была связана с тем, что он не сразу отказался от признания непосредственной роли белков в построении гена, не сразу принял положение о том, что основой гена, носителем содержащейся в нем наследственной информации является исключительно ДНК (РНК у некоторых вирусов). Вероятно, такое неприятие исключительной роли ДНК объясняется тем, что, как уже говорилось, первоначально Холдейн идентифицировал ген и его продукт — белок (фермент). Однако основная идея

³¹ См. *F. Crick. The central dogma of molecular biology.* — «Nature», 1970, v. 227, p. 561—563.

Холдейна «один ген — один фермент» оказалась правильной и в высшей степени плодотворной.

Холдейн не сделал в биохимической генетике принципиально важных фактических открытий. И все же он активно участвовал в становлении нового биохимического направления, ввел в генетику новую методологию. В 1941 г. он писал: «У меня нет никакого намерения умалять выдающиеся достижения формальной генетики в прошлом. Такие деятели науки, как Мендель, Бэтсон, де Фриз и Морган внесли существенный вклад в развитие генетики, подобно Везалию или Фабрицию. И тем не менее в настоящее время исследования в области чисто формальной генетики уже не имеют первостепенного значения³². Современный генетик находится в несколько затруднительном положении. Он должен быть хотя бы поверхностно знаком с анатомией, цитологией и математикой. Он должен что-то смыслить в таксономии, физике и даже психологии. И если он не ученик Гопкинса, он порой может забыть, что биохимия — это ключ к решению любых вопросов фундаментального значения для органического мира»³³.

Самым существенным вкладом Холдейна в биохимическую генетику следует считать его методологический подход к изучению природы гена и его действия. Он стоял на правильной пути, когда неоднократно подчеркивал, что этот вопрос может быть решен только в понятиях биохимии. В последние годы наука значительно приблизилась к углубленному познанию сущности гена и его действия, уже получены гены в изолированном виде. В 1920—1930 гг. Холдейн был, пожалуй, одним из очень немногих, ставивших со всей остротой вопрос о необходимости вести интенсивный научный поиск сопряженных связей между геном и ферментом. Он явился, как отмечают многие его современники, одним из пионеров, объединивших биохимию с генетикой. Именно в ту пору, когда он работал над своим большим трудом «Биохимия генетики» — кстати сказать, одной из первых книг в этой области в мировой литературе — были сделаны важнейшие открытия в молекулярной генетике, заключавшие

³² Дальнейшее развитие науки о наследственности по пути молекулярной генетики показало принципиальную правильность этого мнения Холдейна.

³³ *J. B. S. Haldane. New paths in genetics. London, 1941, p. 46.*

в себе ответ на многие вопросы, поставленные в этой монографии. В 1954 г. Холдейн одобрительно отозвался о грустном «факторе старения» сказав: «Так уж получается, как часто в науке бывает, что от момента написания книги до публикации материал и мысли устаревают».

С середины 50-х годов из-за отсутствия необходимых условий для лабораторных исследований Холдейн уже не участвовал в постановке экспериментов. Однако он всегда был в курсе новейших направлений и открытий, откликаясь на них, выступая в качестве компетентного и авторитетного ученого.

Его гипотезы имели большое значение для разных областей биохимической генетики, а не только для проблемы природы и механизма действия генов, о чем говорилось выше. Эрнст Каспери, например, отмечает³⁴, что, быть может, самым значительным вкладом Холдейна в биохимическую генетику в последний его период была высказанная им гипотеза о том, что наиболее примитивной формой жизни должны были быть ауксотрофы (организмы, не способные расти на минимальной питательной среде, так как они не могут синтезировать какие-либо необходимые органические вещества; для их роста требуется поступление этих веществ извне). По мнению Холдейна, первичные ауксотрофные организмы могли добывать энергию из органических соединений. Последние в свою очередь могли образовываться под действием солнечных лучей в атмосфере, лишенной молекулярного кислорода. Эти теоретические построения являются основой современной биохимической теории эволюции. Они получили дальнейшее развитие в работах А. И. Опарина и могли быть подвергнуты экспериментальной проверке.

Очень точные слова для характеристики могучего таланта Холдейна нашел польский ученый Гаевский: «Холдейн, без сомнения, один из любопытнейших умов среди современных биологов... Из огромного количества экспериментального материала, поставляемого ежегодно тысячами биологов, он сумел отобрать самое существенное и построить общие теории и гипотезы. Это связано с его удивительным талантом постановки научных проблем под новым углом зрения. Причем изложение проблем всегда

³⁴ Haldane and modern biology. Baltimore, 1968, p. 49.

отличается предельной четкостью и точностью. Это достоинство объясняется также его склонностью к широким математическим обобщениям процессов жизнедеятельности в их теснейшей взаимосвязи и взаимоопределяемости»³⁵.

Математика

«Математика — муза моя», — говорил Холдейн.

Для математического склада его мышления характерен, например, такой случай. «Однажды, — рассказывает профессор Д. Льюис, — я застал его одного в кабинете в каком-то необыкновенно благодушном настроении. Вдруг Холдейн сказал: „Сегодня у меня день рождения, но самое интересное, что мой возраст равен квадратному корню из текущего года“. Это было 5 ноября 1936 г., когда ему исполнилось 44 года.

Математика — язык науки, и, так же как нельзя представить себе, скажем, поэта, не владеющего литературным языком, в наше время не может быть ученого, не знакомого с языком математики. Холдейн не только блестяще владел «математическим языком», но и успешно совершенствовал его. Он в каком-то отношении олицетворял собой лучшие традиции ученых прошлого, сочетая в себе необычайно острое абстрактное мышление с поразительным умением не отрываться от конкретного смысла исследуемой проблемы.

Холдейн часто с благодарностью вспоминал о своих учителях в области математики и биометрии: Френсисе Гольтоне, Карле Пирсоне и Г. Х. Харди, лекции которого по высшей математике в Оксфорде и Кембридже были значительным явлением для того времени.

Математические идеи, перенятые Холдейном у Харди, получили свое развитие и применение в области биологии и многих как смежных, так и далеко от нее отстоящих областей знания. После смерти своего учителя он писал:

³⁵ См. *W. Gajewski*. Предисловие к польскому изданию книги Дж. Холдейна «Биохимия генетики». Варшава, 1960.



Г. У. Харди

«Я скорблю об ученом, дорогом мне человеке, математические работы которого вызывают у меня переживания, подобные тем, что испытывают иные, слушая произведения музыкальной классики»¹.

С такой же теплотой Холдейн отзывался о Пирсоне, несмотря на критическое отношение к его философским взглядам.

В лекции, посвященной столетию со дня рождения К. Пирсона, Холдейн отмечал большие заслуги этого ученого, который разработал статистические таблицы и изучил вопросы, связанные с прикладным использованием теории вероятностей, причем исследовал также и область применения графических методов для оценки функций распределения. Эти новые для того времени методы были посвящены обоснованию математической теории эволюции. Холдейн подчеркивает, что не будет преувеличением

¹ *J. B. S. Haldane. Everything has a history. London, 1951, p. 242.*



Карл Пирсон

сказать, что последующее успешное развитие теоретических основ математической статистики в значительной степени обязано усилиям Пирсона в этой области в десятилетие 1893—1903 гг. В эти же годы, по инициативе Пирсона, стал издаваться журнал «Биометрия». Холдейн считает, что зачатки многих дальнейших разработок в области статистики можно обнаружить в работах Пирсона: «Не следует забывать, что если нам, последователям Пирсона, и удалось придать теории математической статистики относительную доступность, даже принимая во внимание тот факт, что значительная часть математических разработок, предложенных им, уже утратила свою актуальность, то всеми этими успехами мы все же обязаны тому, что продвигались по пути, проложенному титаном мысли»².

Изучение крайне многообразного научного наследия Холдейна убедительно говорит о том, что вне математики

² J. B. S. Haldane. Karl Pearson. — «Biometrika», 1957, v. 44, p. 303.

и без математики оно невысказуемо. Ученый сам весьма ярко и эмоционально говорит об этой склонности своей натуры: «Я принадлежу к числу тех, кто находит истинное эстетическое наслаждение в занятиях математикой, независимо от ее прикладного значения. Я сознаю, что этого недостаточно, но отдаю себе отчет в том, что люди, извлекающие наибольшее наслаждение из любимого предмета, могут, по всей вероятности, максимально обогатить и развить этот предмет»³.

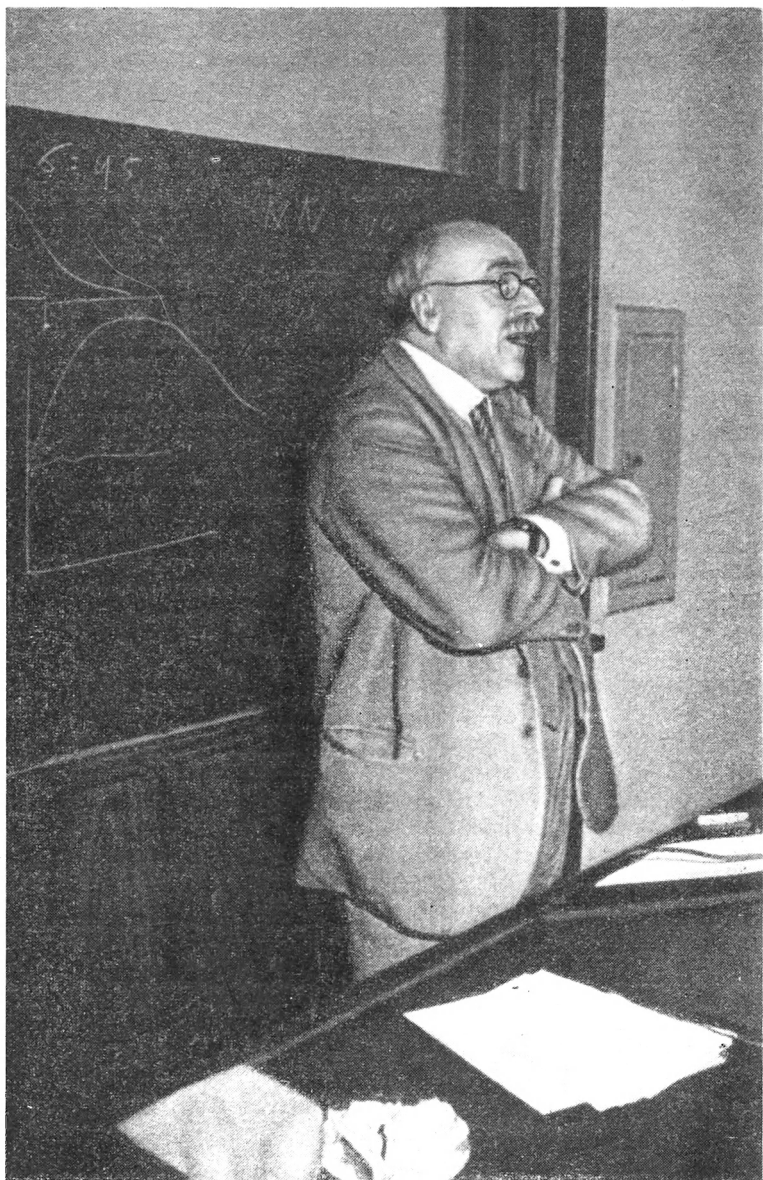
Высшее назначение математики Холдейн видит именно в том, чтобы с ее помощью находить скрытый порядок в хаосе, окружающем человека. Для него абстрактные математические теории всегда имеют непосредственное отношение к описанию явлений природы. «Занятие дифференциальным исчислением является само по себе истинно захватывающим делом. Мне вспоминается, как в феврале 1917 г., после ранения на европейском театре военных действий, я среди прочих офицеров был переправлен на пароходе вниз по реке Тигр, в Месопотамии. Лежа на носилках, я читал математическую книгу о векторах, а рядом лежащий офицер углубился в книгу по дифференциальному исчислению. Мы оба предпочитали такую литературу художественной, и она служила нам наилучшим болеутоляющим средством. Некоторые разделы математики так изящны и прекрасны, что могут быть поставлены в один ряд с величественными образцами поэзии или живописи. Дифференциальное исчисление прекрасно, но совсем не потому, что является продуктом „чистой мысли“, скорее наоборот, оно возникло, как вспомогательное средство для расчета движений звезд и полета пушечных ядер. По своей красоте оно вполне сопоставимо с изящно действующим машинным устройством».

И далее: «Наука почти всегда имеет количественное выражение. Она имеет дело с измерениями, весовыми показателями и счетом»⁴.

Занятия Холдейна прикладной математикой сыграли поистине неопределимую роль в деле обороноспособности Англии.

³ J. B. S. Haldane. Everything has a history. London, 1951, p. 242.

⁴ J. B. S. Haldane. A banned broadcast and other essays. London, 1946, p. 116.



На лекции по биометрии в Лондонском университете (1953)

Как уже говорилось, 29 октября 1938 г. в журнале «Nature» появилась статья Холдейна «Математика ПВО» с расчетами вероятности и степени защищенности населения больших городов от возможности налета гитлеровской авиации.

В период 1941—1945 гг. Холдейн по заданию командования военно-воздушных и сухопутных сил и министерства самолетостроения Англии решил ряд важных проблем оборонного значения на основе методов статистического анализа. Им, в частности, была разработана система, благодаря которой служба береговой обороны могла вести поиск и устанавливать местонахождение вражеских подлодок, действующих на ближних подступах к Британским островам. Он участвовал в разработке математических основ для создания специальной авиационной техники, с помощью которой разведывательная авиация сбрасывала на намеченные для бомбометания объекты специальную аппаратуру, обеспечивающую наведение на цель самолетов бомбардировочной авиации. Позднее Холдейн разработал математическую основу методов действия ПВО Англии по уничтожению в воздухе беспилотных аппаратов противника.

Эти математические работы, поставленные на службу обороны, в частности «Статистическое исследование потерь вооруженных сил», подготовленное по заданию армейского командования Великобритании были не чем иным, как продолжением, а порой дальнейшим развитием исследований в области генетики человека. Это, в частности, четко прослеживается в той части работы Холдейна, где подчеркивается связь между статистической вероятностью поражения целей в некоторых районах и статистической вероятностью наследственности.

В ряде работ Холдейн рассматривал случаи возможного применения математики к генетическим исследованиям и к изучению эволюционного процесса. В статье 1949 г. «К вопросу о количественных измерениях темпов эволюции» он дает высокую оценку основным положениям книги Симпсона⁵, посвященным геологическому прошлому состава диатомовых.

⁵ G. G. Simpson. Rates of evolution in animals. — In: «Genetics paleontology and Evolution». Princeton, 1949.

В последний приезд из Индии в Лондон Холдейн в письме к Н. У. Пири от 18 февраля 1964 г. писал по этому поводу:

«Дорогой Билл,

Мной создано два новых понятия:

(1) *Морганида*. Единица измерения длины хромосомы по карте. Наиболее эффективной единицей следует считать «сантиморганида» (сокращенно «сМ»). См.: «Journal of Genetics», 1921, № 1. Единицей «сМ» широко пользуется Г. С. Картер в ряде работ, посвященных сцеплению у мышей, относящихся к 1955 г.

(2) *Дарвин*. Признак, изменяющий свою среднюю величину в e раз за период длиной в миллион лет или же в 1,001 раза за тысячу лет. При этом допускается, что признак изменяется со скоростью в 1 дарвин. Средняя скорость (темп) эволюции линейных размеров зубов лошади, начиная с эоцена, примерно равна 40 миллиардов. Этот термин введен мной. Высота черепа у человека, видимо, увеличивалась со скоростью около 1 дарвина в период плейстоцена. Но длина тела динозавра изменялась со скоростью около 40 миллиардов (несомненно, скачкообразно). Соотношение длины (фактор формы), наблюдаемое в размерах зубов лошади, изменялось при величине около 20 миллиардов. Симпсон в I гл. „Основные черты эволюции“ пересмотрел предложенные мною величины, пользуясь более совершенной шкалой времени*. Один бельгийский палеонтолог, не могу вспомнить его имени, пользовался миллиардинами».

Зорко следя за успехами наук по самому широкому фронту, Холдейн, по мнению его современников, был одним из самых осведомленных ученых своего времени. Его дар к экстраполяциям в области математики был в значительной степени продиктован глубоким убеждением в том, что на нынешнем этапе развития естествознания необходимо ломать рамки узкой специализации, наносящей вред объединению наук о природе. Он полагал, что наиболее надежным средством для этой цели должен

* «Он ссылается на мою статью. Мне помнится, что он пользуется терминами „килодарвин“ и „мегадарвин“. Последнее вполне применимо к некоторым домашним животным, в отличие от скачков в менделевском понимании. Что касается темпа эволюции нуммулитов [ископаемый вид фораминиферы] то их, по-видимому, можно измерять в килодарвинах».

UNIVERSITY COLLEGE LONDON · GOWER STREET WC1

DEPARTMENT OF BIOMETRY

Professor J. B. S. HALDANE

18/2/64

Telephone BUSTON 7050

Dear Bill

"Halicacina" and "Tektinia" are coin words which I suggested for an article submitted to "Perspectives in Biology & Medicine". I don't know if they printed it. The important words which I coined are:

(1) *Morgan*. A unit of map length - chromosomes.
The effective unit is a centomorgan (abbrev. cM) in which there is a 1% probability of crossing over. Map distance is given in cM. Reference J. Genet 1921:1. cM used by Carter in several papers on mouse linkage about 1950 in J. Genet.

(2) *Darwin*. A character which changes its mean value by a factor of $\frac{1}{1000}$ per million years, or by a factor of 1000 per thousand years, is said to evolve at the rate of 1 Darwin. (Haldane, Evolution, about 1950). The average rate of evolution of linear dimensions of horse teeth since the Eocene evolves at a rate of about 40 millidarwins. I have used this word. Human skull height cannot have increased at about 1 Darwin during the Pleistocene. But jawbone lengths evolved at about 40 millidarwins (no doubt with spurts). A ratio of lengths (Winks factor) in horse teeth evolved at about 20 millidarwins. Simpson, in Chap. 1 of "The Major Features of Evolution" has revised my figures, using a better time scale*. A Belgian palaeontologist whose name escapes me has used millidarwins.

I still have an open wound, and find looking up references rather trying. I may well be in England for another month. There is amusing, as various things in India are held up. I am rather isolated, even morning to encourage generalisation times.

Yours sincerely

J. B. S. Haldane

* He gives the reference to my paper. I think it contains the words kilodarwin and megadarwin. The latter is applicable to some fossil animals, apart from Huxley's jumps. And remarkable evolution was probably reasonable in kilodarwins.

Письмо Холдейна Пири от 18 февраля 1964 г.

быть набор математических инструментов, посредством которых ученому предстоит испытать их действенность на цифровом материале. Руководствуясь этими методологическими соображениями, Холдейн предложил позаимствовать из астрофизики единицу «декс», введенную Ч. У. Алланом. «Декс» (от английского «decimal exponent») есть показатель степени при 10 и преобразует впереди стоящее число в десятичный антилогарифм. Он способствует более лаконичному написанию больших чисел, например, вместо 10^{39} — 39 дексов. Этой единицей удобно пользоваться для количественных характеристик в различных областях биологии. К примеру: организм человека состоит из 14 дексов клеток, или: соотношение длины и ширины нервного волокна может превышать 6 дексов. Холдейн убедительно показывает, что «дексы» могут найти себе широкое применение и в социологических исследованиях. При этом он отмечает, что «биологам нужно приучать себя к тому, чтобы быстро и оперативно мыслить категориями больших чисел, как это давно имеет место среди физиков, химиков, астрономов и геологов. При работе с малыми числами также весьма целесообразно пользоваться этой единицей, поскольку это способствует выработке точности мышления у исследователя»⁶.

Несмотря на все сказанное, чисто математические работы Холдейна (в общей сложности их было 30) также представляют собой серьезный и вполне самостоятельный интерес.

В ходе изучения генетики популяций Холдейну пришлось не только столкнуться, но и серьезно заняться теорией уравнений в конечных разностях. Именно этому разделу математики суждено было стать основой современных методов вычислений на ЭВМ. Одним из блестящих математических достижений Холдейна в этой области был найденный им метод решения нелинейного разностного уравнения вида⁷

$$\psi(u, \Delta u) = 0,$$

где

$$\Delta u = u(x + 1) - u(x).$$

⁶ J. B. S. Haldane. «Dex» or «order of magnitude». — «Nature», 1960, v. 187, p. 879.

⁷ «Proceedings of Cambridge Philosophical Society», 1932, v. 28, p. 234.

Этот метод был впоследствии включен в классическую монографию «Исчисление конечных разностей» английского математика Милл-Томсона и был им охарактеризован как «элегантный».

Профессор М. С. Бартлетт, близко знавший Холдейна, вспоминает: «Виртуозно владея математической техникой в области классической статистики, Холдейн очень часто на досуге любил заниматься (и не всегда безошибочно!) разработкой некоторых алгебраических деталей, в частности расчетом нечетных моментов статистических распределений. Эти занятия привели его к разработке ряда интересных методов в математической статистике, связанных с вопросами применимости теории крупномасштабной выборки к встречающимся на практике реальным условиям ограниченного числа опытов.

Эта серия исследований включала: работы, начатые еще в 1937 г., в которых Холдейн провел вычисления точных значений моментов так называемого χ -распределения, широко используемого при статистических оценках; работы, начатые Холдейном в 1951 г., в которых даны оценки среднеквадратичных отклонений и других моментов при определении эффективных значений параметров по методу наибольшего правдоподобия; и наконец, цикл исследований, предпринятых в 1938 г. с целью дать приближенное аналитическое описание целого ряда встречающихся на практике законов распределения случайных величин»⁸.

⁸ Цит. по кн.: *N. W. Pirie. J. B. S. Haldane. — Biographical memoirs of fellows of the Royal Society, 1966, v. 12, p. 233.*

Заключение

Заслуги Дж. Б. С. Холдейна перед современной биологией весьма значительны. С его именем связано зарождение и развитие таких молодых ветвей биологической науки, как популяционная генетика, генетика человека, математическая и биохимическая генетика, молекулярная биология и энзимология, т. е. дисциплин на стыке двух-трех смежных наук, требующих применения математического аппарата.

Он счастливым образом был наделен именно «математическим видением мира», сочетая такие удивительные качества, как необычайно острое абстрактное мышление, с поразительным умением не отрываться от естественно-научного или социального смысла изучаемой проблемы. Этот особый склад его ума позволил ему с исключительной полнотой отвечать на объективные потребности новой эпохи бурного развития естественных и технических наук.

При всей видимой широте чисто научных и философских интересов Холдейна в самых разнообразных областях естествознания можно с несомненностью констатировать, что основные его интересы были подчинены единой, всеобъемлющей цели — созданию стройной, подвижной и непрерывно развивающейся теории эволюции живой материи и интеграции всего комплекса дисциплин, связанных с проблемой сущности жизни.

Холдейн интенсивно разрабатывал вопрос о взаимосвязях наук, их взаимодействии и взаимопроникновении. Вся его кипучая разноплановая деятельность как ученого и организатора науки была неизменно нацелена на поиск оптимального синтеза двух доминирующих тенденций в современной науке — дифференциации и интеграции.

Холдейн был одним из наиболее образованных людей своего времени. Сфера его научной деятельности выходит далеко за рамки обособленных областей знания. В круг интересов ученого входили, казалось бы, самые отдаленные друг от друга миры — космология и энзимология, древняя мифология и высшая математика. Необыкновенная осведомленность в успехах современной науки и разнообразие интересов позволяют считать его ученым-энциклопедистом. Его исследования оставили заметный след в современном естествознании.

*

Книга, с которой познакомился читатель, не могла бы появиться в свет без деятельной помощи родственников, друзей и коллег Дж. Б. С. Холдейна. Автор сердечно благодарен его вдове доктору Эллен Сперуэй, сестре ученого писательнице Нейоми Митчисон, бывшему главному редактору газеты «Дейли Уоркер» (ныне «Морнинг Стар») Джорджу Мэтьюзу, профессорам Норману Пири, Джону Берналу, Айвору Монтегю, Кришне Дронамраджу, Мейнгарду Смиту, Брайену Мерфи, Вогану Джеймсу и многим другим за любезно предоставленные ими материалы из наследия ученого, фотографии и воспоминания, в некоторых случаях написанных специально по просьбе автора, и за большое внимание к работе автора на протяжении многих лет.

Приложения

Дж. Б. С. Холдейн

Как писать научно-популярную статью¹

Большинство ученых заинтересовано в том, чтобы возможно шире ознакомить читателей с проблемами своей науки. Но для этого нужно овладеть техникой очерка. Я могу поделиться опытом и дать несколько советов, как писать научно-популярную статью. Однако пусть читатель не тешит себя надеждой, что я предложу ему единственно возможный для этого способ. Поскольку литературный синтез во многом подобен химическому, выбор литературного метода зависит от того, какой конечный продукт мы стремимся получить, от исходного фактического материала и аппаратуры для реализации замысла. Моя аппаратура, т. е. мои умственные способности, отличается от вашей, значит, и методы у нас могут быть разные.

Прежде всего учтите, что ваша задача не из легких и ее не удастся осуществить, если вы пренебрежете технической стороной дела. Помните, что в литературе, как и в науке, очень много зависит от техники. Если вы не будете достаточно требовательны к себе, вы ничего не достигнете. Не рассчитывайте на успех с первой или второй попытки.

Прежде чем выбрать тему, решите, для кого вы пишете. К примеру, маловероятно, чтобы газета «Таймс» поместила благожелательную статью об успехах советских ученых, скажем, в области минералогии. Объем вашей статьи также зависит от того, в каком издании она будет напечатана.

Теперь о предмете. Вы можете посвятить свой очерк определенной проблеме или прикладному значению научного открытия.

¹ Очерк «Как писать научно-популярную статью» впервые напечатан в журнале «Scientific Worker» в 1941 г. К этому времени Джон Холдейн имел за плечами 15-летний опыт работы в этом жанре и считался одним из лучших стилистов и мастеров научно-популярной литературы.

Или же сосредоточиться на каком-нибудь общем принципе и обобщать его, привлекая материал из разных отраслей наук. Например, можно написать очень увлекательную статью о плодотворном значении случайностей для успешного развития научного значения. С большим успехом могут быть использованы для очерка такие факты, как история с Джозефом Пристли (1733—1804 гг.). Случайно разбив градусник, он увидел, что происходит с ртутью, вытекшей из стеклянного сосуда, и открыл кислород. А другой ученый, Дж. Такаmine*, случайно пролил аммиак над препаратом с надпочечниками и невзначай получил кристаллы адреналина. Если же вы не очень компетентны в вопросах истории науки, вам лучше сосредоточиться на каком-нибудь узком вопросе. При этом нужно быть очень осторожным и осмотрительным.

Вы, вероятно, привыкли к двум категориям научных статей: к ответам на вопросы, где вы стремитесь возможно шире показать объем ваших знаний по целому разделу науки, или же к специальным научным сообщениям, в которых вы детально излагаете какую-то узкую проблему. Когда вы пишете научно-популярный очерк, перед вами совсем другая задача. Не следует бравировать своей эрудицией. Не надо также задаваться целью изложить вопрос с такой точностью, которая позволила бы читателю безошибочно воспроизвести какую-нибудь операцию или опыт. Ваша задача — увлечь читателя, возбудить его интерес, но не вдаваться в подробности.

Нужно знать гораздо больше того, что вы изложите на бумаге. Из всех своих знаний следует отобрать тот минимум, который и поможет вам построить связный рассказ. Многие статьи, которые мне приходится просматривать, слишком напоминают ответы на экзаменационные вопросы. Создается впечатление, что авторы добросовестно справлялись в руководствах и стремились дать сжатую сводку по всему разделу знания. Такая сводка вполне уместна в учебнике, но она не может приковать внимание читателя научно-популярной статьи, который не расположен всерьез напрягать свой ум.

Это, конечно, не значит, что вы пишете для дураков. Это означает лишь то, что статья должна быть построена особым образом. Нужно постоянно вновь и вновь возвращаться от неизвестных к известным читателю фактам науки, связанным с практическим опытом современного человека. Можно начать очерк с описания какого-нибудь общеизвестного факта, вроде взрыва бомбы, песни птицы, или порассуждать о сыре. Это позволит вам наглядно показать научный закон в действии. Но здесь же снова не забудьте привести знакомую читателю аналогию. Возьмем, к примеру, три аналогии: возникновение горячего газа в бомбе и процесс парообразования в чайнике; изменения, наблюдаемые ежегодно у птиц, и изменения, происходящие у человека один раз в жизни в период полового созревания; осаждение казеина солями кальция и образование мыльной пены. Легче всего вы достигнете своей цели не «одиночным затяжным прыжком», а рядом «мелких скачков». Но для этого нужна эрудиция.

* Takamine (1854—1922) — японский биохимик. В 1901 г. открыл адреналин. О нем см.: «Nature», 1954, v. 174, № 4436, p. 861.

Если вы попытаетесь написать статью, следуя предложенной схеме, то, возможно, убедитесь в своем невежестве, особенно в количественном плане. Вы станете в тупик, например, перед такими вопросами: насколько полно гонады реполова возвращаются в инфантильное состояние к осени; насколько количественное содержание кальция в молоке превышает его содержание в водопроводной воде; какова максимальная температура внутри взрывающейся бомбы? Возможно, вам потребуется двенадцать часов чтения специальной литературы, чтобы «выдать» по-настоящему добросовестно сделанный научный очерк объемом в тысячу слов. Честно говоря, вы поймете, что, просвещая своих читателей, вы сами узнаете много нового.

Закончив очерк, дайте его другу, желательно малопросвещенному. Или отложите очерк в сторону на полгода, а потом убедитесь, что вы сами все еще понимаете его. Вероятно, некоторые предложения, казавшиеся простыми, когда вы их писали, теперь покажутся вычурными. Могу дать вам несколько личных советов, как «причесать» статью. Присмотритесь, можно ли вместо запятой или точки с запятой поставить точку? Если можно, ставьте. Этим вы дадите читателю возможность перевести дух. А не лучше ли заменить страдательный залог действительным? Если так, то сделайте и это.

Стремитесь к тому, чтобы отдельные части вашего предложения были хорошо между собой согласованы, а фактический материал изложен в своей временной и причинной последовательности. Вместо «виды изменяются в силу выживания наиболее приспособленных» попробуйте вариант: «в каждом поколении выживают наиболее приспособленные представители вида, благодаря этому виды изменяются». Дело не в том, что я предпочитаю сказать «виды изменяются». Может быть, мне легче сказать: «средние признаки отдельных представителей вида, такие как: вес, длина шерсти, — подвержены изменениям». Изучение истории научных открытий показывает, что следствие обычно обнаруживается раньше, чем причина, его породившая. Часто бывает так, что математическая теорема признана вполне правильной еще до того, как она формально доказана. Если вы обнаружите свою теорему до ее доказательства, как это было у Евклида, может создаться впечатление, что вы фокусник, у которого зайцы выскакивают из цилиндра. Если же вы естественным образом, последовательно подводите читателя к своей теореме, то ему легче понять логику вашей аргументации.

В научной, особенно в математической, работе приемы изложения, причудливые и неожиданные, временами напоминают действия фокусника с зайцами. Получить совершенно неожиданную формулу на заключительном этапе путем контурного интегрирования или же опровергнуть предполагаемый механизм, прибегая к мало кому известной теореме, или установить, что данное растение не способно к размножению, так как это еще один случай сбалансированной летальности, — все это доставляет столько истинной радости! Такие рассуждения помогут думающему человеку осмыслить материал без большого труда. Однако вы рискуете «ослепить» малоподготовленного читателя. Не торопитесь, пусть он медленно следует за логикой изложения, пре-

одолевая ступеньку за ступенькой в причинной цепочке вашей аргументации. Прибегайте иногда к повторам, не бойтесь сделать несколько шагов назад, если вам показалось, что вы упустили какую-то грань.

Ваш очерк некоторым людям может показаться довольно бледным, малоинтересным собранием сухих фактов и абстрактных рассуждений. Иной критик, пожалуй, скажет, что статью нужно слегка «разбавить». Я против «воды». Подобные требования предъявляют те, кто больше печется о стиле, нежели о научном содержании.

Нужно сделать все возможное, чтобы помочь читателю связать вашу статью с уровнем его знаний. Это вполне достижимо, если сослаться на известные ему факты или литературу. Меня резко критиковали за многократные ссылки на Маркса и частые упоминания его имени, хотя в статьях, опубликованных в «Дейли Уоркер», мне думается, я гораздо чаще ссылался на Энгельса. Дело в том, что многие мои читатели знакомы с трудами этих авторов. Гераклит высказывал идеи об изменчивости задолго до Энгельса. Но на каждого читателя, знакомого с трудами Гераклита, приходится по крайней мере сто знаковых с произведениями Энгельса, и поэтому я предпочитаю ссылаться на него. Если бы мне пришлось читать лекции по этому вопросу для специалистов в области классической древней философии, я, вероятно, цитировал бы Гераклита, хотя убежден, что формулировки Энгельса лучше.

В недавно изданной работе «Новые направления в генетике» (1941 г.) я семь раз цитирую «Божественную комедию» Данте. Меня критиковали за это. Но мне кажется, что такое цитирование показывает преемственность человеческой мысли. Пусть я не согласен с точкой зрения Данте, что мутации — следствие божественного провидения, однако считаю нужным отметить, что он разработал свою теорию по этому вопросу. Я глубоко убежден, что настоящее значение научной популяризации состоит в утверждении единства человеческого знания в поисках истины. Такая идея не находит отражения в обычных курсах преподавания наук, и популяризация науки на высоком профессиональном уровне должна быть направлена на преодоление этого недостатка. Это можно сделать, показывая становление науки как результат технического прогресса и одновременно обратное воздействие науки на успехи технологии, а также наглядно демонстрируя взаимодействие между научным мышлением и другими формами мышления.

Научно-популярная статья должна, по мере возможности, включать в себя новейшие достижения наук. Как правило, я стремлюсь включить один или два факта, еще неизвестных студенту из университетских курсов, читаемых по разделу какой-либо науки, поскольку лекторы, как правило, не всегда следят за научной периодикой. Обычно это сделать не очень трудно, так как разрыв между публикацией данных о научном открытии и его отражением в стандартных учебниках составляет по меньшей мере пять лет. Конечно, к оценке научных данных нужно подходить с некоторой осторожностью. Очень многие научные открытия не подтверждаются последующей проверкой. Один известный английский популяризатор науки обладает истинно гениальным даром предавать широкой гласности именно такого рода

открытия. Если бы он сам занимался исследовательской работой и стал бы, подобно мне, свидетелем того, как многие его «блестящие идеи» превратились в пыль, то он вряд ли бы так часто становился жертвой псевдооткрывателей.

На первых порах, прежде чем сесть за статью, попробуйте набросать ее скелет, хотя я сам, признаться, редко к этому прибегаю.

Вот примерный план статьи о сыре.

Введение. Изложите какой-нибудь общеизвестный факт, например, о нехватке сыра.

Основная часть. Процесс производства сыра.

Значение сыра в питании человека. Сыр — наиболее дешевый продукт питания, содержащий большое количество полноценного белка. Витамины и кальций в сыре.

Связь с другими отраслями наук. Сравнение сычужного фермента с другими препаратами ферментов, используемыми в промышленности, например в кондитерской и кожевенной. Другие способы использования специфических микроорганизмов, например для брожения? Почему вонючий сыр безопасен для еды в отличие от вонючего мяса?

Практические советы. Как увеличить производство сыра. Способы борьбы с маститом у коров. Питание молочного скота и удобрения. Какой продукт следует транспортировать в первую очередь — мясо или сыр? Необходимость научного подхода к планированию национальной программы обеспечения пищевыми продуктами.

Сколько сведений вам удастся охватить и «втиснуть» в статью, зависит от заданного объема статьи и умения сжато излагать материал. Если вы пишете для какого-нибудь авторитетного периодического издания — можно прибегнуть к цитированию отдельных абзацев из сатирической драмы «Циклоп» Еврипида (484—407 гг. до н. э.), а если для массового издания, рассчитанного на среднего обывателя, можете прибегнуть к каким-нибудь шуткам или анекдотам о запахе сыра.

Таков один из подходов к написанию статьи. Другие стали бы писать о сыре иначе, рассматривая его как составную часть нашей «таинственной Вселенной». Они стали бы утверждать, что им неведома природа синтеза белка, как и причина исключительной специфичности действия некоторых ферментов. Технология изготовления сыра, — сказали бы они, — порождение преднаучной эпохи истории человечества, благодаря которой мы все еще сохраняем единство с природой. В отличие от говядины сыр — поистине натуральный продукт и т. д. Мне думается, это антинаучный подход к избранной теме. Но и такой вздор может найти своих «потребителей», его лишь следует «сдобрить» подлинно научными сведениями. Каждый пишет научно-популярную статью по-своему. Я остановился лишь на одном из возможных приемов и ни в коем случае не считаю его единственно возможным или наилучшим.

О целесообразности размера¹

Несмотря на то, что различие в размерах животных — факт совершенно очевидный, зоологи уделяли ему очень мало внимания. Солидные учебники зоологии умалчивают о том, что орел больше воробья или что гиппопотам больше зайца, хотя отмечают разницу в размерах мыши и кита. Однако можно без труда показать, что заяц не может достигнуть величины гиппопотама или что кит не может быть размером с селедку. Каждый тип животного имеет наиболее удобный для него размер, изменение которого неизбежно влечет за собой изменение формы.

Допустим, что существует человек-великан 60-ти футов высотой, подобный Погу и Язычнику — гигантам из сказок моего детства. Такие великаны не только в 10 раз выше среднего человека, но в 10 раз шире и в 10 раз плотнее, т. е. их общий вес в 1000 раз превышает вес среднего человека, а следовательно, составляет от 80 до 90 тонн. Поперечный срез костей таких великанов в 100 раз превышает срез костей среднего человека; следовательно, каждый квадратный дюйм кости гиганта должен выдержать нагрузку в 10 раз большую, чем квадратный дюйм кости среднего человека. Учитывая, что берцовая кость человека разрушается при нагрузке, в 10 раз превышающей его вес, берцовая кость великанов должна была ломаться при каждом их шаге. Уж не потому ли на картинках, которые я еще помню, они изображены сидящими?

Вернемся к зоологии. Допустим, что газель — изящное маленькое создание с длинными тонкими ногами — стала бы вдруг большой. Она сломала бы себе ноги при несоблюдении одного из двух условий: первое — в случае, если бы ее ноги не стали бы такими же короткими и толстыми, как у носорога (тогда для поддержания каждого фунта тела приходилась бы такая же площадь кости, как у нормального животного); второе — тело должно было бы сжаться, что привело бы к соответственному удлинению ног для достижения устойчивости, как у жирафа. Я упоминаю именно этих животных, поскольку они относятся к тому же отряду, что и газель, и оба (жираф и носорог) —

¹ Еще при жизни Дж. Б. С. Холдейна его статья «О целесообразности размера» была включена в четырехтомную хрестоматию лучших математических работ двухтысячелетия (от Архимеда до наших дней) — «Мир математики», изданную в США под редакцией Джеймса Р. Ньюмена (1956). Статья написана Холдейном в 1926 г., но она не потеряла своего значения и в наше время, вопросы, поднятые в ней, до сих пор остаются недостаточно разработанными. В этой статье, написанной в процессе работы над математическим обоснованием теории естественного и искусственного отбора, Холдейн использует сведения из самых различных дисциплин: сравнительной анатомии, физиологии, систематики, экологии, биохимии, аэронавтики, физики, палеонтологии и др. для обоснования того положения, что каждый тип животного имеет наиболее удобный для него

прекрасные бегуны, отличающиеся высоким совершенством механики.

Сила земного притяжения доставляет много неприятностей обычному человеку, но для великанов — это настоящее бедствие. Для мыши или другого мелкого животного сила притяжения практически не опасна. Можно уронить мышь в угольную шахту глубиной в 1000 ярдов: достигнув дна, мышь, отделавшись легким сотрясением, убежит. Крыса, вероятно, погибнет от такого падения, хотя она останется невредимой, упав с высоты 11-этажного дома. Человек, упавший с такой высоты, погибнет, а лошадь превратится в лепешку. Сопротивление воздуха движению пропорционально поверхности движущегося объекта. Разделим длину, ширину и высоту животного на 10. Его вес уменьшится в 1000 раз, а поверхность только в 100. Таким образом, сопротивление воздуха при падении небольшого животного будет в 10 раз больше, чем скорость падения.

Насекомое поэтому не боится силы тяжести: оно может падать без опасения и может удивительно спокойно разгуливать по потолку. Особенно наглядно это проявляется у изящных и необыкновенных животных форм, таких, например, как долгоножка, отличающихся спецификой опоры. Но существует сила, которая также труднопреодолима для насекомого, как сила притяжения для млекопитающего, а именно — поверхностное натяжение. Человек, выходящий из ванны, покрыт тонкой пленкой воды толщиной почти в $\frac{1}{50}$ дюйма. Общий вес пленки — около одного фунта. Мокрая мышь весит вдвое больше сухой. Мокрая муха при взлете должна поднять вес, во много раз превышающий ее собственный и, как всем хорошо известно, муха, побывавшая в воде или в другой жидкости, выглядит весьма плачевно. Для того чтобы напиться, насекомое вынуждено подвергнуть себя такой же опасности, какой подвергает себя человек, наклонившийся над пропастью в поисках пищи. Если насекомое намокнет, т. е. попадет в тиски поверхностного натяжения воды, оно не сможет вырваться из воды и утонет. Лишь отдельные насекомые, такие, как водяные жуки, ухитряются не намочить. Наличие удлинённого хоботка у большинства насекомых позволяет им держаться поодаль от источников питья.

Понятно, что высокие наземные животные встречаются с другими затруднениями. Они вынуждены перекачивать кровь на высоту, превышающую рост обычного человека, поэтому им необходимо иметь более высокое кровяное давление и более мощные кровеносные сосуды. Многие люди умирают от разрыва артерий, особенно мозговых, и, видимо, эта опасность еще в большей мере угрожает слону или жирафу. Следует отметить, что животные разных типов сталкиваются с затруднениями, связанными с их размерами. Это происходит по следующей причине. Типичный представитель животного меньшего размера, например микроскопический червь или коловратка, покрыт гладкой кожей, через которую проникает необходимое количество кислорода, снабжен прямым кишечником с достаточно большой поверхностью для усвоения пищевых материалов, а также примитивной почкой. Десятикратное увеличение размеров этих животных во всех на-

размер и значительное изменение его неизбежно влечет за собой изменение формы.

правлениях привело бы к увеличению их веса в тысячу раз. Если бы это животное столь же эффективно оперировало своими мышцами, как его миниатюрный двойник, в сутки ему потребовалось бы в 1000 раз больше пищи и кислорода, в результате чего оно выделяло бы в 1000 раз больше продуктов обмена.

В случае, если форма животного останется неизменной, то поверхность его — при десятикратном увеличении размеров — увеличится в 100 раз, и в одну минуту через каждый квадратный миллиметр кожи и кишечника проникнет соответственно десятикратное количество кислорода и пищи. При достижении определенного предела адсорбционных возможностей их поверхность должна увеличиться за счет какого-нибудь специального приспособления. Например, часть кожи может образовать выпячивания с превращением их в жабры или быть втянутой внутрь с превращением в легкие, увеличивая таким образом поверхность, абсорбирующую кислород, пропорционально объему животного. Так, у человека общая площадь легкого равна ста квадратным ярдам. Соответственно, кишечник у него из гладкого и прямого превращается в свернутый и образует бархатистую поверхность; другие органы также усложняют свою структуру. Более высокоорганизованные животные могут быть мельче низкоорганизованных. То же относится и к растениям. Низшие растения, такие, как зеленые водоросли, живущие в стоячих водах или на коре деревьев, — это лишь круглые клетки. Высшие растения увеличивают свою поверхность путем образования листьев и корней. Сравнительная анатомия есть не что иное, как история борьбы за увеличение поверхности в соответствии с объемом.

Некоторые способы увеличения поверхности полезны лишь до определенного предела. Например, в то время как у позвоночных кислород поступает в организм через жабры или легкие и разносится током крови по всему телу животного, у насекомых воздух переносится непосредственно к каждому отдельному участку тела с помощью мельчайших закрытых трубочек, известных под названием трахей и открывающихся на многих точках поверхности. И хотя благодаря своим дыхательным движениям насекомое в состоянии обновить состав воздуха во внешней среде трахеальной системы, в ее более тонкие веточки кислород должен проникать путем диффузии. Газы могут легко диффундировать на очень малые расстояния, не намного превышающие среднюю дистанцию, которую проходит газовая молекула при столкновении с другими. Но если она должна преодолеть большое расстояние — порядка четверти дюйма, что с точки зрения движения молекулы весьма значительно, то процесс замедляется. В результате части тела насекомого, удаленные от наружного воздуха больше, чем на четверть дюйма, всегда будут испытывать кислородное голодание. Вряд ли найдутся насекомые, толщина которых превышала бы полдюйма. Наземные крабы имеют такой же общий план строения, как насекомые, но они более неуклюжи. Как и у человека, кислород у них доставляется в ткани кровью, и поэтому они могут во много раз превзойти по своим размерам любое насекомое. Если бы по «плану» строения насекомых воздух переносился по тканям, а не диффундировал в них, то насекомые могли бы достичь величины крабов, однако размеров человека достичь не могли бы — уже по другим причинам.

Трудности такого же порядка наблюдаются при изучении способности к полету. Элементарный принцип авиации заключается в том, что минимальная скорость, необходимая для поддержания самолета заданной формы в воздухе, меняется в соответствии с квадратным корнем его длины. Четырехкратное увеличение линейных параметров самолета ведет к двойному увеличению скорости полета. В этом случае мощность мотора, необходимая для минимальной скорости, возрастает быстрее, чем вес машины. Таким образом, самолет, в 64 раза превышающий вес другого самолета, для успешного полета должен быть снабжен двигателем в 128 раз более мощным. Применяя те же принципы к изучению полета птиц, можно заметить, что предел их размеров достигается очень скоро. У ангела, мышцы которого развивали бы не бóльшую мощность на единицу веса, чем мышцы орла или голубя, грудь должна была бы выдаваться вперед на четыре фута, чтобы на ней могли разместиться мышцы, обеспечивающие работу крыльев; в то же время для экономии веса ноги его должны были бы быть редуцированы до тончайших «ходуль». Фактически большая птица, такая, как орел или ястреб, держится в воздухе главным образом не за счет движения крыльев. Обычно наблюдают парение этих птиц, т. е. сохранение ими равновесия над поднимающимся столбом воздуха. Но даже парение становится все более и более затруднительным с увеличением размера. Если бы не это обстоятельство, орлы могли бы достичь размера тигров и стать столь же страшными для человека, как вражеские самолеты.

Перейдем к рассмотрению некоторых преимуществ размеров. Очевидно, что размер позволяет сохранять тепло. Все теплокровные животные в состоянии покоя теряют одинаковое количество тепла на единицу поверхности кожи, поэтому и количество, и качество их пищи должно быть пропорционально не весу, а поверхности их тела. Пять тысяч мышей весят столько же, сколько один человек. Сумма поверхностей их тел, потребление пищи или кислорода примерно в 17 раз превышают эти же показатели у человека. И в самом деле, мышь съедает в сутки количество пищи, равное четверти ее собственного веса; используется эта пища главным образом на поддержание температуры тела. По той же причине мелкие животные не могут жить в холодных странах. В арктических зонах нет ни рептилий, ни амфибий, ни мелких млекопитающих. Самое маленькое млекопитающее на Шпицбергене — лисица. Мелкие птицы зимой улетают, а насекомые умирают, хотя отложенные ими яйца могут выдержать мороз в течение шести месяцев и больше. Наиболее приспособленные к холоду млекопитающие — это медведи, лени и моржи.

Те же закономерности обнаруживаются при изучении глаза. Его функции проявляются недостаточно, пока глаз не достигнет значительной величины. Задняя стенка человеческого глаза, на которую отбрасывается образ внешнего мира и которая соответствует пленке фотоаппарата, состоит из мозаики палочек и колбочек, диаметр которых несколько превышает длину средней световой волны. Каждый глаз снабжен палочками и колбочками численностью до полумиллиона, и для различения двух объектов необходимо, чтобы их образы падали на отдельные палочки и колбочки. Очевидно, что при меньшем их количестве, но большем

размере, наше зрение было бы менее отчетливым. Если бы они были в два раза шире, то две точки должны были бы отстоять друг от друга вдвое дальше: лишь в этом случае мы смогли бы различить их на заданном расстоянии. При уменьшении размера и увеличении количества палочек и колбочек мы не стали бы видеть лучше, поскольку невозможно образовать определенное изображение, которое было бы меньше длины световой волны. Именно поэтому глаз мыши — не уменьшенная модель человеческого глаза. Палочки и колбочки глаза мыши ненамного меньше, чем у человека, и поэтому их количество у мыши гораздо меньше, нежели у человека. Мышь не может отличить лицо одного человека от другого на расстоянии 6 футов. Для того чтобы глаза мелких животных могли выполнять свою функцию, размеры их по отношению к телу должны были бы быть больше, чем у нас. С другой стороны, у крупных животных глаза относительно небольшие, а у таких, как кит и слон, они лишь немного больше, чем у нас.

По несколько менее понятным причинам эта общая закономерность справедлива и в отношении мозга. Если сравнивать вес мозга в ряду очень схожих между собой животных, таких как кошка, гепард, леопард и тигр, то обнаружится, что по мере удорожания веса тела вес мозга лишь удваивается. Более крупное животное с пропорционально более крупными костями может «экономить» на таких органах, как мозг, глаза и ряд других.

Итак, каждый тип животного имеет свой оптимальный размер. И хотя еще Галилей более трехсот лет тому назад показал обратное, люди все еще верят, что если бы блоха была величиной с человека, она могла бы подпрыгивать на 1000 футов. Между тем высота прыжка животного скорее не зависит от его размера, чем соответствует ему. Блоха может прыгнуть до высоты около двух футов, а человек — около пяти. Прыжок на заданную высоту, если пренебречь сопротивлением воздуха, потребует расхода энергии пропорционально весу прыгающего животного. Но если мышцы, которые обеспечивают прыжок, составляют постоянную часть тела животного, то мощность мышц не зависит от размера при условии, что у небольшого по размерам животного происходит достаточно быстрое превращение энергии. По-видимому, мышцы у насекомых, хотя и сокращаются значительно быстрее, чем у человека, отличаются меньшей эффективностью. Если бы это было не так, блоха или кузнечик могли бы подпрыгивать на 6 футов.

Таковы некоторые мои соображения о целесообразности размера животных.

Библиографический указатель

Работы Дж. Б. С. Холдейна

На английском, немецком и французском
языках

1912

The laws of combination of haemoglobin with CO and Oxygen (with C. G. Douglas and J. S. Haldane).—*J. Physiol.*, v. 44, N 27, p. 5.

The dissociation of oxyhaemoglobin in human blood during partial CO poisoning.—*J. Physiol.*, v. 45, p. XXII.

1915

Reduplication in mice (with A. D. Sprunt and N. M. Haldane).—*J. Genet.*, v. 5, p. 133.

1919

The probable errors of calculated linkage values, and the most accurate method of determining gametic from certain zygotic series.—*J. Genet.*, v. 8, p. 291.

The combination of linkage values, and the calculation of distances between the loci of linked factors.—*J. Genet.*, v. 8, p. 299.

1920

Note on a case of linkage in *Paratettix*.—*J. Genet.*, v. 10, p. 47.
Some recent work on heredity.—*Trans. Oxford Univ. Jr. Sci. Club*, Series 3, v. 1, p. 3.

Experiments on the regulation of the blood's alkalinity (with H. W. Davies and E. L. Kennaway). I.—*J. Physiol.*, v. 54, p. 32.

1921

Experiments on the regulation of the blood's alkalinity, II.—*J. Physiol.*, v. 55, p. 265.

Some effects of hot baths on man (with H. G. Bazett).—*J. Physiol.*, v. 55, p. IV.

Linkage in poultry.—*Science*, v. 54, p. 663.

1922

- Salt and water excretion in man (with M. M. Baird).—*J. Physiol.*, v. 56, p. 259.
- The excretion of chlorides and bicarbonates by the human kidney (with H. W. Davies and G. L. Peskett).—*J. Physiol.*, v. 56, p. 269.
- Sex-ratio and unisexual sterility in hybrid animals.—*J. Genet.*, v. 12, p. 101.

1923

- Ammonium chloride acidosis (with M. M. Baird, C. G. Douglas and J. G. Priestley).—*J. Physiol.*, v. 57, p. XII.
- Calcium chloride acidosis (with R. Hill and J. M. Lugh).—*J. Physiol.*, v. 57, p. 301.
- Daedalus, or science and the future. London, Kegan, Paul, Trench, Trubner.

1924

- A mathematical theory of natural and artificial selection. Pt I.—*Trans. Cambridge Philos. Soc.*, v. 23, p. 19.
- A mathematical theory of natural and artificial selection. Pt II. The influence of partial selffertilization, inbreeding, assortative mating, and selective fertilization on the composition of Mendelian populations, and on natural selection.—*Proc. Cambridge Philos. Soc.*, v. 1, p. 158.
- Über Halluzinationen infolge von Änderungen des Kohlensäuredrucks.—*Psychol. Forsch.*, Bd. 5, S. 356.
- The changes in alveolar carbon dioxide pressure after violent exercise (with J. H. Quastel).—*J. Physiol.*, v. 59, p. 138.
- The effect of insulin on blood volume (with H. D. Kay and W. Smith).—*J. Physiol.*, v. 59, p. 193.
- Experimental alterations in the calcium content of human serum and urine (with C. P. Stewart).—*Biochem. J.*, v. 28, p. 855.
- Effect of reaction changes on human inorganic metabolism (with V. B. Wigglesworth and C. E. Woodrow).—*Proc. Roy. Soc. B.*, v. 96, p. 1.
- The effect of reaction changes on human carbohydrate and oxygen metabolism (with V. B. Wigglesworth and C. E. Woodrow).—*Proc. Roy. Soc. B.*, v. 96, p. 15.
- The possible existence of a growth regulation substance in termites.—*Nature*, London, v. 113, p. 676.

1925

- Electricité physiologique—Evolution de la chronaxie au cours de la crise de tétanie expérimentale par hyperpnée volontaire chez l'homme (with G. Bourguignon).—*C. r. Acad. sci., Paris*, v. 180, p. 321.
- The production of acidosis by ingestion of magnesium chloride and strontium chloride.—*Biochem. J.*, v. 29, p. 249.
- Note on the kinetics of enzyme action (with G. E. Briggs).—*Biochem. J.*, v. 29, p. 338.

On the origin of the potential differences between the interior and exterior of cells.—*Proc. Cambridge Philos. Soc. (Biol. Sci.)*, v. 1, p. 243.

Change of linkage in poultry with age (with F. A. E. Crew).—*Nature*, London, v. 115, p. 641.

Callinicus—A defence of chemical warfare. London, Kegan, Paul, Trench, Trubner.

1926

A mathematical theory of natural and artificial selection. Pt III.—*Proc. Cambridge Philos. Soc.*, v. 23, p. 363.

1927

A mathematical theory of natural and artificial selection. Pt IV.—*Proc. Cambridge Philos. Soc.*, v. 23, p. 607.

A mathematical theory of natural and artificial selection. Pt V. Selection and mutation.—*Proc. Cambridge Philos. Soc.*, v. 23, p. 838.

The comparative genetics of colour in rodents and carnivora.—*Biol. Rev.*, v. 11, p. 199.

Carbon monoxide as a tissue poison.—*Biochem. J.*, v. 21, p. 1068.

Carbon monoxide poisoning in the absence of haemoglobin.—*Nature*, London, v. 119, p. 352.

Biological fact and theory. *Nature*, London, v. 119, p. 456.

Animal biology (with J. S. Huxley). Oxford, Clarendon Press.

Possible worlds and other essays. London, Chatto and Windus.

1928

The arterial blood in ammonium chloride acidosis (with G. C. Linder, R. Hilton and F. R. Fraser).—*J. Physiol.*, v. 65, p. 412.

Pituitrin and the chloride concentrating power of the kidneys.—*J. Physiol.*, v. 66, p. 10.

The affinity of different types of enzyme for their substrates.—*Nature*, London, v. 124, p. 207.

The Universe and irreversibility.—*Nature*, London, v. 122, p. 808.

1929

Natural selection.—*Nature*, London, v. 124, p. 444.

The species problem in the light of genetics.—*Nature*, London, v. 124, p. 514.

A case of balanced lethal factors in *Antirrhinum majus* (with A. E. Gairdner).—*J. Genet.*, v. 21, p. 315.

The scientific point of view.—*Realist*, 1 (4), 10.

The place of science in western civilization.—*Realist*, v. 2, p. 149.

Genetics of polyploid plants.—*Conference on Polyploidy*. *John. Innes Horticultural Inst.*, p. 9.

The origin of life.—*Rationalist Annual*, p. 3.

1930

Enzymes. London, Longmans, Green and Co.

A note on Fisher's theory of the origin of dominance and on a correlation between dominance and linkage.—*Amer. Naturalist*, v. 64, p. 87.

- La cinétique des actions diastasiques. — *J. chim. phys.*, v. 27, p. 277.
 A mathematical theory of natural and artificial selection. Pt VI.
 Isolation. — *Proc. Cambridge Philos. Soc.*, v. 26, p. 220.
 Theoretical genetics of autopolyploids. — *J. Genet.*, v. 22, p. 359.
 Genetics of some autopolyploid plants. — *Rept. Proc. 5th Internat
 Bot. Congr. Cambridge*, p. 232.
 The principles of plant breeding, illustrated by the Chinese Prim-
 rose. — *Proc. Roy. Inst.*, v. 26, p. 199.
 Origin of asymmetry in gastropods. — *Nature, London*, v. 126, p. 10.
 Natural selection intensity as a function of mortality rate. *Nature*,
London, v. 126, p. 883.

1931

- A mathematical theory of natural and artificial selection. Pt VII.
 Selection intensity as a function of mortality rate. — *Proc.
 Cambridge Philos. Soc.*, v. 27, p. 131.
 A mathematical theory of natural selection. Pt VIII. Metastable
 populations. — *Proc. Cambridge Philos. Soc.*, v. 27, p. 137.
 Linkage in the tetraploid *Primula sinensis* (with D. De Winton). —
J. Genet., v. 24, p. 121.
 Inbreeding and linkage (with C. H. Waddington). — *Genetics*,
 v. 16, p. 357.
 Embryology and evolution. — *Nature, London*, v. 126, p. 956;
 v. 127, p. 274.
 Oxidation by living cells. — *Nature, London*, v. 128, p. 175.
 The relationship between the respiratory catalysts of *B. coli* (with
 R. P. Cook and I. W. Mapson). — *Biochem. J.*, v. 25, p. 534.
 The respiration of *B. coli communis*. (with R. P. Cook). — *Biochem.
 J.*, v. 25, p. 880.
 The molecular statistics of an enzyme action. — *Proc. Roy. Soc. B.*,
 v. 108, p. 559.
 Prehistory in the light of genetics. — *Proc. Roy. Inst.*, v. 26, p. 355.
 The cytological basis of genetical interference. — *Cytologia*, v. 3,
 p. 54.

1932

- A note on inverse probability. — *Proc. Cambridge Philos. Soc.*, v. 28,
 p. 55.
 On the non-linear difference equation. — *Proc. Cambridge Philos.
 Soc.*, v. 28, p. 234.
 A mathematical theory of natural and artificial selection. Pt IX.
 Rapid selection. — *Proc. Cambridge Philos. Soc.*, v. 28, p. 244.
 Discussion on recent advance in the study of enzymes and their
 action. — *Proc. Roy. Soc. B*, p. 280.
 The time of action of genes, and its bearing on some evolutionary
 problems. — *Amer. Naturalist*, v. 66, p. 5.
 Note on a fallacious method of avoiding selection. — *Amer. Natura-
 list*, v. 66, p. 479.
 A method for investigating recessive characters in man. — *J. Genet.*,
 v. 25, p. 251.
 Genetical evidence for a cytological abnormality in man. — *J. Genet.*,
 v. 26, p. 341.
 Determinism. — *Nature, London*, v. 129, p. 315.

- The hereditary transmission of acquired characters. *Nature*, London, v. 129, p. 817, 856.
- Eland-ox hybrid. — *Nature*, London, v. 129, p. 906.
- The inheritance of acquired characters. — *Nature*, London, v. 130, p. 20, 204.
- Chain reactions in enzymatic catalyses. — *Nature*, London, v. 130, p. 61.
- The inequality of man and other essays. London, Chatto and Windus.
- The causes of evolution. London, Longmans, Green and Co.

1933

- The part played by recurrent mutation in evolution. — *Amer. Naturalist*, v. 67, p. 5.
- Two new allelomorphs for heterostylism in *Primula*. — *Amer. Naturalist*, v. 67, p. 559.
- The genetics of *Primula sinensis*. II. Segregation and interaction of factors in the diploid (with D. De Winton). — *J. Genet.*, v. 27, p. 1.
- A case of balanced lethal factors in *Antirrhinum majus* (with A. E. Gairdner). II. — *J. Genet.*, v. 27, p. 287.
- The genetics of cancer. — *Nature*, London, v. 132, p. 265.
- The biologist and society. In «*Science in the changing world*» Mary Adams (Ed.). London. Allen and Unwin.

1934

- Quantum mechanics as a basis for philosophy. — *Philos. Sci.*, v. 1, p. 78.
- A contribution to the theory of price fluctuations. — *Rev. Econ. Stud.*, v. 1, p. 186.
- The theory of inbreeding in autotetraploids (with M. S. Bartlett). — *J. Genet.*, v. 29, p. 175.
- Anthropology and human biology. — *Man*, v. 34, p. 142.
- Anthropology and human biology. — *Man*, v. 34, p. 163.
- A mathematical theory of natural and artificial selection. Pt X. Some theorems on artificial selection. — *Genetics*, v. 19, p. 412.
- The attitude of the German government towards science. — *Nature*, London, v. 132, p. 726.
- Science and politics. — *Nature*, London, v. 133, p. 65.
- Possibility of incomplete sex linkage in mammals (with C. D. Darlington and P. C. Koller). — *Nature*, London, v. 133, p. 417.
- Science at the universities. — *Nature*, London, v. 134, p. 571.
- Methods for the detection of autosomal linkage in man. — *Ann. Eug.*, v. 6, p. 26.
- Human biology and politics. The British science guild: 10th Norman Lockyer Lecture, p. 3.
- Race and culture. — *Proc. Royal Anthropol. Inst. and Inst. of Sociol.*, p. 8. London, Le Play House Press.
- The relative efficiency of two methods of measuring human linkage. — *Amer. Naturalist*, v. 68, p. 286.
- Biology in everyday life (with J. R. Baker). London, George Allen and Unwin.
- Fact and faith. London, Watts.

1935

- Genetics since 1910. — Nature, London, v. 135, p. 726.
 Mutation rates in man (with L. S. Penrose). — Nature, London, v. 135, p. 907.
 Blood group inheritance. — Nature, London, v. 136, p. 432.
 Human genetics and human ideals. — Nature, London, v. 136, p. 894.
 The genetics of *Primula sinensis*. III. Linkage in the diploid (with D. De Winton). — J. Genet., v. 34, p. 67.
 The rate of spontaneous mutation of a human gene. — J. Genet., v. 34, p. 317.
 The theory of inbreeding with forced heterozygosis (with M. S. Bartlett). — J. Genet., v. 34, p. 327.
 Contribution de la génétique à la solution de quelques problèmes physiologiques. Réunion Plénière Société de biologie, Paris.
 Some problems of mathematical biology. — J. Math. Phys., v. 14, p. 125.
 The outlook of science. London, Kegan, Paul, Trench, Trubner.
 Science and the supernatural (with A. Lunn). London, Eyre and Spottiswoode.
 Science and well-being. London, Kegan, Paul, Trench, Trubner.

1936

- A provisional map of a human chromosome. — Nature, London, v. 137, p. 397.
 Carbon dioxide content of atmospheric air. — Nature, London, v. 137, p. 575.
 Linkage in man (with J. Bell). — Nature, London, v. 138, p. 759.
 Genetics in the universities (with E. Ashby, F. A. E. Crew, C. D. Darlington, E. B. Ford, E. J. Salisbury, W. B. Turrill and C. H. Waddington). — Nature, London, v. 138, p. 972.
 Natural selection. — Nature, London, v. 138, p. 1053.
 Linkage in *Primula sinensis* — A correction. — J. Genet., v. 32, p. 373.
 The amount of heterozygosis to be expected in an approximately pure line. — J. Genet., v. 32, p. 375.
 Some natural populations of *Lythrum salicaria*. — J. Genet., v. 32, p. 393.
 Some principles of causal analysis in genetics. — Erkenntnis, v. 6, p. 346.
 A search for incomplete sex-linkage in man. — Ann. Eug., v. 7, p. 28.
 Is space-time simply connected? — Observatory, v. 59, p. 228.
 A discussion on the present state of the theory of natural selection. Primary and secondary effects of natural selection. Proc. Roy. Soc. B., v. 121, p. 67.

1937

- Physical science and philosophy. — Nature, London, v. 139, p. 1003.
 Genetics in Madrid. — Nature, London, v. 140, p. 331.
 The position of genetics. — Nature, London, v. 140, p. 428.
 The exact value of the moments of the distribution of X^2 used as a test of goodness of fit, when expectations are small. — Biometrika, v. 29, p. 133.
 Tests of goodness of fit applied to records of Mendelian segregation in mice (with H. Gruneberg). — Biometrika, v. 29, p. 144.

- Some theoretical results of continued brother-sister mating.—
J. Genet., v. 34, p. 265.
- The effect of variation on fitness.—*Amer. Naturalist*, v. 71, p. 337.
- The linkage between the genes for colourblindness and haemophilia
in man (with J. Bell).—*Proc. Roy. Soc.*, v. 123, p. 119.
- A probable new sex-linked dominant in man.—*J. Hered.*, v. 28, p. 58.
- L'analyse génétique des populations naturelles. Réunion internat.
Physique—Chimie—Biologie. Congrès du Palais de la découverte,
Paris, v. 8, p. 517.
- Science and future warfare.—*J. Roy. United Services Inst.*, v. 82,
p. 713.
- Dialectical account of evolution.—*Science and Society*, v. 1, p. 473.
- Biochemistry of the individual. In «*Perspectives in biochemistry*»,
p. 1. J. Needham and D. E. Green (Eds). Cambridge Univ.
Press.
- My friend Mr. Leakey. London, Cresset Press.

1938

- The first six moments of χ^2 for an n -fold table with h degrees
of freedom when some expectations are small.—*Biometrika*,
v. 29, p. 389.
- The approximate normalization of a class of frequency distribu-
tions.—*Biometrika*, v. 29, p. 392.
- Heterostylism in natural populations of the primrose.—*Biometrika*,
v. 30, p. 196.
- Social relations of science.—*Nature*, London, v. 141, p. 730.
- Mathematics of air raid protection.—*Nature*, London, v. 142, p. 791.
- A search for autosomal recessive lethals in man (with S. Bedi-
chek).—*Ann. Eug.*, v. 8, p. 245.
- The estimation of the frequencies of recessive conditions in man.—
Ann. Eug., v. 8, p. 255.
- A hitherto unexpected complication in the genetics of human re-
cessives.—*Ann. Eug.*, v. 8, p. 263.
- The location of the gene for haemophilia.—*Genetics*, v. 20, p. 423.
- Indirect evidence for the mating system in natural populations.—
J. Genet., v. 36, p. 213.
- The nature of interspecific differences.—*Evolution*, p. 79.
- Blood royal. A study of haemophilia in the royal families of
Europe.—*Modern Quarterly*, v. 1, p. 129.
- Congenital disease.—*Lancet*, p. 1449.
- The chemistry of the individual. 38th Robert Boyle Lecture (1938).
Oxford Univ. Press.
- Forty years of genetics. In «*Background to modern science*». J. Need-
ham and W. Pagel (Eds). Cambridge Univ. Press, p. 225.
- A. R. P. London, Victor Gollancz.
- The Marxist philosophy and the sciences. London, George Allen and
Unwin.
- Heredity and politics. London, George Allen and Unwin.

1939

- The theory of the evolution of dominance.—*J. Genet.*, v. 37, p. 365.
- The daughters and sisters of haemophilics (with U. Phillip).—
J. Genet., v. 33, p. 193.

- Relative sexuality in unicellular algae (with U. Phillip). — *Nature*, London, v. 143, p. 334.
- Speculative biology. — *Modern Quarterly*, v. 2, p. 1.
- Protoplasm. — *Modern Quarterly*, v. 2, p. 128.
- The spread of harmful autosomal recessive genes in human populations. — *Ann. Eug.*, v. 9, p. 232.
- Inbreeding in Mendelian populations with special reference to human cousin marriage (with P. Moshinsky). — *Ann. Eug.*, v. 9, p. 321.
- The equilibrium between mutation and random extinction. — *Ann. Eug.*, v. 9, p. 400.
- Note on the preceding analysis of Mendelian segregations. — *Biometrika*, v. 31, p. 67.
- Corrections to formulae in papers on the moments of X^2 . — *Biometrika*, v. 31, p. 220.
- Sampling errors in the determination of bacterial or virus density by the dilution method. — *J. Hyg.*, v. 39, p. 289.
- After-effects of exposure of men to carbon dioxide (with W. Alexander, P. Doff, G. Ives and D. Renton). — *Lancet*, p. 419.
- Science in everyday life. London.

1940

- The mean and variance of χ^2 , when used as a test of homogeneity, when expectations are small. — *Biometrika*, v. 31, p. 346.
- The cumulants and moments of the binomial distribution, and the cumulants of χ^2 for a ($n \times 2$) fold table. — *Biometrika*, v. 31, p. 392.
- Congenital hyperglycaemia in mice (with H. Gruneberg). — *Nature*, London, v. 145, p. 704.
- Blood groups of anthropoids. — *Nature*, London, v. 146, p. 652.
- The conflict between selection and mutation of harmful recessive genes. — *Ann. Eug.*, v. 10, p. 417.
- The estimation of recessive gene frequencies by inbreeding. — *Proc. Acad. Sci.*, v. 12, p. 109.
- The blood-group frequencies of European peoples and racial origins. — *Human Biol.*, v. 12, p. 457.
- Preface and notes to «Dialectics of nature», by F. Engels (translated and edited by C. Dutt). London, Lawrence and Wishart.
- Science in peace and war. London, Lawrence and Wishart.
- Science in everyday life. New York, Macmillan Co.
- Keeping cool and other essays. London, Chotto and Windus.

1941

- The partial sex-linkage of recessive spastic paraplegia. — *J. Genet.*, v. 41, p. 141.
- The relative importance of principal and modifying genes in determining some human diseases. *J. Genet.*, v. 41, p. 149.
- Can science be independent? — *Nature*, London, v. 147, p. 416.
- Tastes of oxygen and nitrogen at high pressures (with E. M. Case). — *Nature*, London, v. 148, p. 84.
- The relation between science and ethics. — *Nature*, London, v. 148, p. 342.
- Human life and death at high pressures. — *Nature*, London, v. 148, p. 458.

- Science in the U. S. S. R. — *Nature*, London, v. 148, p. 598.
 Number of primes and probability considerations. — *Nature*, London, v. 148, p. 694.
 Physiological properties of some common gases at high pressures. — *Chem. Products*, v. 4, p. 83.
 The faking of genetical results. — *Eureks*, v. 6, p. 8.
 The fitting of binomial distributions. — *Ann. Eug.*, v. 11, p. 179.
 How to write a popular scientific article. — *Scient. Worker*, v. 13, p. 122.
 The cumulants of the distribution of the square of a variate. — *Biometrika*, v. 32, p. 199.
 Human physiology under high pressure. I. Effects of nitrogen, carbon dioxide and cold (with E. M. Case). — *J. Hyg.*, v. 41, p. 225.
 The laws of Nature. *Rationalist Annual*, p. 35.
 New paths in genetics. London, George Allen and Unwin.

1942

- Moments of the distributions of powers and products of normal variates. — *Biometrika*, v. 32, p. 226.
 The mode and median of a nearly normal distribution with given cumulants. — *Biometrika*, v. 32, p. 294.
 Selection against heterozygosis in man. — *Ann. Eug.*, v. 11, p. 333.
 A new pedigree of recurrent bullous eruption of the feet (with R. Poole). — *J. Hered.*, v. 33, p. 17.
 The selective elimination of silver foxes in Eastern Canada. — *J. Genet.*, v. 44, p. 296.
 Civil defence against war gases. — *Nature*, London, v. 150, p. 769.

1943

- Statistics of occupational mortality. — *Cambridge Univ. Med. Soc. Mag.*, v. 20, p. 38.
 Variation in the weights of hatched and unhatched ducks (with J. M. Rendel). — *Biometrika*, v. 33, p. 56.
 James Prescott Joule and the unit of energy. — *Nature*, London, v. 152, p. 479.

1944

- Mutation and the Rhesus reaction. — *Nature*, London, v. 153, p. 106.
 Radioactivity and the origin of life in Milne's cosmology. — *Nature*, London, v. 153, p. 555.
 Genetics and karyology of *Drosophila subobscura* (with U. Phillip, J. M. Rendel and H. Spurway). — *Nature*, London, v. 154, p. 260.
 Heredity, development and genetics. — *Nature*, London, v. 154, p. 429.
 Symmetrical and asymmetrical post-reduction in Ascomycetes (with H. L. K. Whitehouse). — *Nature*, London, v. 154, p. 704.
 New deep-sea diving method: the case for helium. — *Fairplay*, v. 163, p. 740.
 Reshaping plants and animals. In «Reshaping man's heritage». J. S. Huxley (Ed.). London, Allen and Unwin.

1945

- A labour saving method of sampling. — *Nature*, London, v. 155, p. 49.
A quantum theory of the origin of the solar system. — *Nature*, London, v. 155, p. 133.
Inverse statistical variates. — *Nature*, London, v. 155, p. 453.
Cosmic rays and kinematical relativity. — *Nature*, London, v. 156, p. 266.
On a method of estimating frequencies. — *Biometrika*, v. 33, p. 222.
Moments of r and χ^2 for a fourfold table, in the absence of association. — *Biometrika*, v. 33, p. 231.
Use of χ^2 as a test of homogeneity in a $(n \times 2)$ — fold table when expectations are small. — *Biometrika*, v. 33, p. 234.
A new theory of the past. — *Amer. Scientist*, v. 33, p. 129.
Chance effects and the Gaussian distribution. — *Philos. Mag.* (7), v. 36, p. 184.
Intellectual liberty and spiritual values. — *Modern Quarterly*, v. 1.

1946

- The cumulants of the distribution of Fisher's « U_{11} » and « U_{31} » scores used in the detection and estimation of linkage in man. — *Ann. Eug.*, v. 13, p. 122.
The interaction of nature and nurture. — *Ann. Eug.*, v. 13, p. 197.
Sex-linkage in *Culex molestus* (with B. M. Gilchrist). — *Experimentia*, v. 11, p. 372.
Symmetrical and asymmetrical reduction in *Ascomycetes* (with H. L. K. Whitehouse). — *J. Genet.*, v. 47, p. 208.
Auld Hornie F. R. S. — *Modern Quarterly*, p. 32.
A banned broadcast and other essays. London, Chatto and Windus.

1947

- The mutation rate of the gene for haemophilia, and its segregation ratios in males and females. — *Eugenics*, v. 13, p. 262.
A new estimate of the linkage between the genes for colourblindness and haemophilia in man. (with C. A. B. Smith). — *Ann. Eug.*, v. 14, p. 10.
The dysgenic effect of induced recessive mutations. — *Ann. Eug.*, v. 14, p. 35.
Effect of nuclear explosions. — *Ann. Eug.*, v. 14, p. 35.
Sex-linkage and sex determination in a mosquito *Culex molestus*. (with B. M. Gilchrist). — *Hereditas*, v. 33, p. 175.
A mathematical theory of chromosomal rearrangements (with D. E. Lea). — *J. Genet.*, v. 48, p. 1.
Science advances. London, George Allen and Unwin.
What is life? New York, Boni and Gaer.

1948

- The precision of observed values of small frequencies. — *Biometrika*, v. 35, p. 297.
A note on the median of a multivariate distribution. — *Biometrika*, v. 35, p. 414.
The theory of a cline. — *J. Genet.*, v. 48, p. 277.

- Methods for histocompatibility of genes (with G. D. Snell).—
J. Genet., v. 49, p. 104.
 The number of genotypes which can be formed with a given number
 of genes.—*J. Genet.*, v. 49, p. 117.
 Biology and Marxism.—*Modern Quarterly (NS)*, v. 3, p. 2.
 A simple exact test for birth order effect (with C. A. B. Smith).—
Ann. Eug., v. 14, p. 117.
 Differences.—*Mind. (NS)*, v. 57, p. 227.
 The formal genetics of man.—*Proc. Roy. Soc. B.*, v. 135, p. 147.

1949

- Parental and fraternal correlations for fitness.—*Ann. Eug.*, v. 14,
 p. 288.
 A test for homogeneity of records of familial abnormalities.—*Ann.*
Eug., v. 14, p. 339.
 The association of characters as a result of inbreeding and linkage.—
Ann. Eug., v. 15, p. 15.
 Suggestions as to quantitative measurement of rates of evolution.—
Evolution, v. 3, p. 51.
 Some statistical problems arising in genetics.—*J. Roy. Stat. Soc. B.*,
 v. 11, p. 14.
 The rate of mutation of human genes. *Proc. 8th International Con-*
gress of Genetics.—*Hereditas*, Suppl., p. 267.
 A note on non-normal correlation.—*Biometrika*, v. 34, p. 467.
 In defence of genetics.—*Modern Quarterly (NS)*, v. 4, p. 194.
 Human evolution: past and future. In «*Genetics, paleontology and*
evolution». G. L. Jepsen, E. Mayr, G. G. Simpson. (Eds). Prin-
 ceton Univ. Press, p. 405.
 Is evolution a myth? A debate (with D. Dewar and C. M. Davies)
 London: C. A. Watts and Co. and Paternoster Press.
 Disease and evolution. *Ricerca scient. Suppl.*, v. 19, p. 68.
 What is life? London.

1950

- Organic correlation of allometry (with K. A. Kermack).—*Bio-*
metrika, v. 37 .

1951

- La méthode dans la génétique.—C. r. 10th Congr. internat. phil.
 sci., v. 6, p. 34. Paris, Hermann.
 La narcose par les gaz indifférents. Mécanisme de la narcose. Paris
 C. N. R. S., p. 47.
 The rate of evolution.—*Rationalist Annual*, p. 7.
 The mathematics of biology.—*Sci. J. Roy. Coll. Sci.*, v. 22, p. 11.
 A class of efficient estimates of a parameter.—*Bull. Internat. Stat.*
Inst., v. 32, p. 231.
 The extraction of square roots.—*Math. Gaz.*, v. 35, p. 89.
 Everything has a history. London, George Allen and Unwin.
 Biological problems of space.—*Brit. Interplanetary Soc.*, 10 July,
 p. 154.

1952

- The mechanical chess player.—*Brit. J. phil. sci.*, v. 3, p. 189.
 Variation.—*New Biology*, v. 12, p. 9.

Simple tests for bimodality and bitangentiality. — *Ann. Eug.*, v. 16, p. 359.

Relations between biology and other sciences. *Sci. and Culture*, v. 17, p. 407.

The origin of language. — *Rationalist Annual*, p. 38.

1953

The genetics of some biochemical abnormalities. — *Lectures on the scientific basis of medicine*, v. 3, p. 41.

Animal ritual and human language. — *Diogenes* (UNESCO), p. 4.
The comparative ethology of vertebrate breathing. 1. Breathing in newts with a general survey (with H. Spurway). — *Behaviour*, v. 6, p. 8.

Foreword. «*Evolution*». — *Symp. Soc. Expt. Biol.*, v. 7, p. 9.

The estimation of two parameters from a sample. — *Sankhya*, v. 12, p. 313.

Animal populations and their regulation. — *New Biol.*, v. 15, p. 9.

On some statistical formulae. — *Sci. and Culture*, v. 18, p. 598.

Some animal life-tables. — *J. Inst. Actuaries*, v. 79, p. 83.

Closing address. I. U. B. S. *Sympos. on Genetics of Population*, p. 139.

1954

A statistical analysis of communication in *Apis mellifera* and a comparison with communication in other animals (with H. Spurway). — *Insectes soc.*, v. 1, p. 247.

A logical analysis of learning, conditioning and related processes. — *Behaviour*, v. 6, p. 4.

The measurement of natural selection. — *Caryologia* (Turin), Suppl. 6, p. 480.

Introducing Douglas Spalding. — *Brit. J. Anim. Behaviour*, v. 2, p. 1.

A statistical analysis of some data on infra-red communication (with H. Spurway). — *Brit. J. Anim. Behaviour*, v. 2, p. 38.

The genetical determination of behaviour. — *Brit. J. Anim. Behaviour*, v. 2, p. 118.

A rationalist with a halo. — *Rationalist Annual*, p. 14.

The origins of life. — *New Biol.*, v. 16, p. 12.

The mathematics of bird population growth and decline (with R. Capildeo). — *J. Anim. Ecol.*, v. 23, p. 215.

La signalisation animale. — *Année Biologique*, v. 30, p. 89.

Substitutes for χ^2 . — *Biometrika*, v. 42, p. 265.

An exact test for randomness of mating. — *J. Genet.*, v. 52, p. 631.

The statistics of evolution. In «*Evolution as a process*», p. 109.

J. S. Huxley, A. C. Hardy and E. B. Ford. (Eds). London, Allen and Unwin.

The biochemistry of genetics. London, George Allen and Unwin.

1955

Genetical effects of radiation from products of nuclear explosions. — *Nature*, London, v. 176, p. 115.

Origin of man. — *Nature*, London, v. 176, p. 169.

Educational problems of the colonial territories. — *Nature*, London, v. 176, p. 750.

- Population genetics. — *New Biol.*, v. 18, p. 34.
- Some alternatives to sex. — *New Biol.*, v. 19, p. 7.
- A problem in the significance of small numbers. — *Biometrika*, v. 42, p. 266.
- The rapid calculation of χ^2 as a test of homogeneity from a $2 \times n$ table. — *Biometrika*, v. 42, p. 519.
- The maximisation of national income. — *Sankhya*, v. 16, p. 1.
- Biometry. — *Sankhya*, v. 16, p. 207.
- The respiratory behaviour of the Indian climbing perch in various environments (with H. Spurway). — *Brit. J. Anim. Behaviour*, v. 3, p. 74.
- A logical basis for genetics? — *Brit. J. Phil. Sci.*, v. 6, p. 245.
- Natural selection. — *Trans. Bose Res. Inst. Calcutta*, v. 10, p. 17.
- The genetic effects of atomic bomb explosions. — *Current Sci.*, v. 24, p. 399.
- The prospects of eugenics. *The Roy. Inst. of Gt. Brit.*, 36, 290.
- Targets. *Math. Gaz.*, v. 39, pl.
- The complete matrices for brother-sister and alternate parentoffspring mating involving one locus. — *J. Genet.*, v. 53, p. 315.
- Aristotle's account of bees' dances. — *J. Hellenic Studies*, v. 75, p. 24.
- On the biochemistry of heterosis, and the stabilization of polymorphism. — *Proc. Roy. Soc. B.*, v. 144, p. 217.
- Animal communication and the origin of human language. — *Sci. Progr.*, v. 171, p. 385.
- The biochemistry of human genetics. *Society of Biological Chemists, India, Silver Jubilee. Souvenir*, p. 21.
- Suggestions for evolutionary studies in India. *Nat. Inst. of Sci. Ind. Bulletin No. 7, Symposium on Organic Evolution*, p. 25.
- The calculation of mortality rates from ringing data. *Acta Congr. Int. Orn.*, p. 454, Basel.
- Introduction p. 14. In «Colloque sur l'acoustique des Orthoptères» R. G. Bushel (Ed.). Paris, Publ. Inst. Nat. Rech. Agron. Critique de la méthode statistique utilisée pour l'étude de la pars stridens alaire de *Locusta migratoria*, *Ibid.*, p. 102.
- Remaniement du patrimoine héréditaire humain, and Mécanismes biochimiques d'action des gènes. In «La Progénèse», pp. 389 and 397. (Ed. R. Turpin.) Paris: Masson et Cie.

1956

- The detection of antigens with an abnormal genetic determination. — *J. Genet.*, v. 54, p. 54.
- The conflict between inbreeding and selection. 1. Selffertilization. — *J. Genet.*, v. 54, p. 56.
- The estimation of viabilities. — *J. Genet.*, v. 54, p. 294.
- The detection of autosomal lethals in mice induced by mutagenic agents. — *J. Genet.*, v. 54, p. 327.
- Almost unbiased estimates of functions of frequencies. — *Sankhya*, v. 17, p. 201.
- The estimation and significance of the logarithm of a ratio of frequencies. — *Ann. Human Genet.*, v. 20, p. 309.
- Mutation in the sex linked recessive type of muscular dystrophy. A possible sex difference. — *Ann. Human Genet.*, v. 20, p. 344.

- The theory of selection for melanism in lepidoptera. — Proc. Roy. Soc. B., v. 145, p. 303.
- The relation between density regulation and natural selection. Proc. Roy. Soc. B., v. 145, p. 306.
- Some reflections on non-violence. — Mankind, v. 1, p. 1.
- Abnormal breathing behaviour in a fish (with H. Spurway). — Brit. J. Anim. Behaviour, v. 4, p. 37.
- The sources of some ethological notions. — Brit. J. Anim. Behaviour, v. 4, p. 162.
- Die Bedeutung der Makromoleküle für Evolution und Differenzierung. In «Vergleichend Biochemische Fragen». — Colloquium Ges. Physiol. Chem., v. 6, p. 165.
- Natural selection in man. — Acta Genet., v. 6, p. 321.
- The estimation of mutation rates produced by high energy events in mammals. — Gurrent Sci., v. 25, p. 75.
- The sampling distribution of a maximum likelihood estimate (with S. M. Smith). — Biometrika, v. 43, p. 96.
- The argument from animals to men. An examination of its validity for anthropology. — J. Roy. Anthropol. Inst., v. 86, p. 1.
- Time in biology. — Sci. Progr., v. 175, p. 385.
- Imprinting and the evolution of instincts (with H. Spurway). — Nature, London, v. 178, p. 85.
- The biometrical analysis of fossil populations. — J. Paleontol. Soc. India (Lucknow), v. 1, p. 54.
- Les aspects physico-chimiques des instincts. In «L'instinct dans le comportement des animaux et de l'homme». Paris, Masson et Cie, p. 547.
- Can a species concept be justified? In «The species concept in paleontology», P. C. Sylvester-Bradley (Ed.). Syst. Assoc. Publ., v. 2, p. 95.
- Radiation hazards. — Lancet, p. 1066.

1957

- The conditions for coadaptation in polymorphism for inversions. — J. Genet., v. 55, p. 218.
- The cost of natural selection. — J. Genet., v. 55, p. 511.
- The use of linked marker genes for detecting recessive autosomal lethals in the mouse (with T. C. Carter). — J. Genet., v. 55, p. 596.
- The prospects of eugenics. — New Biol., v. 22, p. 7.
- Karl Pearson (1857—1957). — Biometrika, v. 44, p. 303.
- Aunt Jobisca, the bellman, and the hermit. — Rationalist Annual, p. 15.
- The elementary theory of population growth. — J. Med. Univ. B., v. 27, p. 237.
- Graphical methods in enzyme chemistry. — Nature, London, v. 179, p. 832.
- Methods for the detection and enumeration of mutations produced by irradiation in mice. — Proc. Internat Genetics Sympos., 1956 (Cytological Supplement).
- Genesis of life. In «The planet Earth». D. R. Bates (Ed.). London, à Pergamon Press, p. 287.
- The unity and diversity of life. Publications Division. Government of India.

1958

- Syadvada system of prediction. — *Sankhya*, v. 18, p. 195.
 The scope of biological statistics. — *Sankhya*, v. 20, p. 195.
 A research project for some Indian schools (with S. K. Roy). —
Vigyan Shikshak, v. 2, p. 35.
 Parthenogenesis. — *Triangle* (Basle), v. 3, p. 142.
 Sex determination in Metazoa. — *Proc. Zool. Soc. Calcutta*, Mukherjee
 Memorial, v. 4, p. 13.
 Mathematics and jute breeding. *Jute and Gunny Review*, 10, 3.
 The present position of Darwinism. — *J. Scient and Industr. Res.*
 (India), v. 17a, p. 97.
 The pre-Christian religions of Europe. — *Bull. Ramakrishna Mission*
Inst. Culture, v. 9, p. 129.
 The statistical study of animal behaviour. — *Trans. Bose Res. Inst.*
Calcutta, v. 22, p. 201.
 The genetic effects of quanta and particles of high energy. — *Sci.*
and Culture, v. 24, p. 16.
 The theory of evolution before and after Bateson. — *J. Genet.*, v. 56,
 p. 11.
 The quantitative study of animal behaviour in an approximately
 steady state (with H. Spurway). In «*Memoriam Methodi Popov*»
Bulgarian Acad. Sci., p. 89.

1959

- The scope of biological statistics. — *Sankhya*, v. 20, p. 195.
 The analysis of heterogeneity. — *Sankhya*, v. 21, p. 209.
 An Indian perspective of Darwin. — *Centennial Rev. Arts Sci. Michi-*
gan State Univ., v. 3, p. 357.
 Suggestions for research on coconuts. — *Indian Coconut. J.*, v. 12,
 p. 1.
 The non-violent scientific study of birds. — *J. Bombay Nat. Hist.*
Soc., v. 56, p. 375.
 Parthenogenese. *Naturwiss. Rundschau*, Bd. 12, № 4, S. 453.
 Natural selection. In «*Darwin's biological work*». P. R. Bell (Ed.).
Cambridge Univ. Press, p. 101.

1960

- The theory of natural selection today. — *Proc. Cent. Bicent. Congr.*
Biol. R. D. Purchon (Ed.). Singapore, Univ. Malaya Press, p. 4;
Nature, London, v. 183, p. 710.
 Pasteur and cosmic asymmetry. *Nature*, London, v. 185, p. 87.
 The scientific work of J. S. Haldane. *Nature*, London, v. 187, p. 102.
 «Dex» or «order of magnitude»? *Nature*, London, v. 187, p. 879.
 The interpretation of Carter's results on induction of recessive
 lethals in mice. — *J. Genet.*, v. 57, p. 131.
 More precise expressions for the cost of natural selection. — *J. Genet.*,
 v. 351, p. 57.
 Physiological problems at high pressure. — *Aero-med. Soc. J. (New*
Dehli), v. 5, p. 1.

- Genetics in relation to medicine. — Proc. Acad. Med. Sci. (Andhra Pradesh), v. 1, p. 216.
- Suggestions for research on human physiology in India. — Medico (Gandhi Medical College, Hyderabad), v. 4, p. 2.
- On expecting the unexpected. — Rationalist Annual, p. 5.
- The addition of random vectors. — Sankhya, v. 22, p. 213.
- Blood grouping and human trisomy. — Current Sci., v. 29, p. 375.
- The water hyacinth — an appeal for information. — J. Bombay Nat. Hist. Soc., v. 57, p. 243.
- Mind in evolution. — Zool. Jahrb. Abt. Syst., Bd. 88, S. 117.
- Physiological variation and evolution. Maharajah Sayajiroa. Memorial Lecture, p. 1.

1961

- Some simple systems of artificial selection. — J. Genet., v. 57, p. 345.
- Evidence for heterosis in woodlice. — J. Genet., v. 58, p. 39.
- An enumeration of some human relationships (with S. D. Jayakar). — J. Genet., v. 58, p. 81.
- Natural selection in a population with annual breeding but overlapping generations. — J. Genet., v. 58, p. 122.
- The selection of double heterozygotes. — J. Genet., v. 58, p. 125.
- Natural selection in man. — Progr. Med. Genet., v. 1, p. 27.
- The scientific work of J. S. Haldane. Penguin Science Survey (2), p. 11.
- A statistical analysis of some data on ant and wasp behaviour (with S. D. Jayakar). Atti. IV. Congr. U. I. E. I. S., Pavia. Sympos. Genetica et biol. ital., v. 12, p. 221.
- Inheritance of hairy pinnae. (with K. R. Dronamraju). — Amer. J. Human Genet., v. 14, p. 102.
- Simple approximations to the probability integral and $P(\chi^2, 1)$ when both are small. — Sankhya, v. 23, p. 9.
- Evolution as a test for ethics. — Current Sci., v. 30, p. 214.
- The dark religions. — Rationalist Annual, p. 35.
- Conditions for stable polymorphism at an autosomal locus. — Nature, London, v. 193, p. 1108.

1962

- Beyond agnosticism. — Rationalist Annual, p. 5.
- Human needs. In «What the human race is up to». N. Mitchison (Ed.). London, Gollancz, p. 395.

1963

- Tests for sex-linked inheritance on population samples. — Ann. Human Genet., v. 27, p. 107.
- The distribution of extremal and nearly extremal values in samples from a normal distribution (with S. D. Jayakar). — Biometrika, v. 50, p. 89.
- The design of experiments on mutation rates. — J. Genet., v. 58, p. 232.
- Polymorphism due to selection of varying direction (with S. D. Jayakar). — J. Genet., v. 58, p. 237.

- The elimination of double dominants in large random mating populations (with S. D. Jayakar). — *J. Genet.*, v. 58, p. 243.
- The solution of some equations occurring in population genetics (with S. D. Jayakar). — *J. Genet.*, v. 58, p. 291.
- Polymorphism due to selection depending on the composition of a population (with S. D. Jayakar). — *J. Genet.*, v. 58, p. 318.
- A new test of significance in sampling from finite populations, with application to human inbreeding (with S. D. Jayakar). — *J. Genet.*, v. 58, p. 402.
- Life and mind as physical realities. London, Penguin Science Survey (B.), p. 224.
- The concentration of rare recessive genes in the past and in modern times. In «The genetics of migrant and isolate populations». E. Goldschmidt. (Ed.) New York, Williams and Wilkins, p. 243.
- Some lies about science. — *Rationalist Annual*, p. 32.
- Biological possibilities for the human species in the next ten thousand years. In «Man and his future». Wolstenholme (Ed.). London, J. and A. Churchill, p. 337.
- A possible development of J. S. Haldane's views on the relation between quantum mechanics and biology. In «The regulation of human respiration», D. J. C. Cunningham, B. B. Lloyd (Eds). Oxford, Blackwell, p. 103.
- The regulation of breathing in a fish, *Anabas testudineus* (with H. Spurway.) In «The regulation of human respiration». D. J. C. Cunningham, B. B. Lloyd (Eds). Oxford, Blackwell, p. 431.

1964

- A defense of beanbag genetics. — *Perspectives Biol. and Med.*, v. 7, p. 343.
- The origin of lactation. — *Rationalist Annual*, p. 19.
- Equilibria under natural selection at a sex-linked locus (with S. D. Jayakar). — *J. Genet.*, v. 59, p. 39.
- The implications of genetics for human society. — *Proc. 11th Internat. Congr. Genet.*, p. XCL.
- The proper social application of the knowledge of human genetics. In «The science of science». M. Goldsmith and A. Mackay (Eds). London, Souvenir Press and Penguin Books, 1966, p. 150.
- I've always been something of a dabbler. — *Daily Worker*, Dec. 14th (self-obituary).
- Enzymes. Massachusetts Institute of Technology, M. J. T. Press, Cambridge, Mass., 1964.

1965

- The nature of human genetic loads (with S. D. Jayakar). — *J. Genet.*, v. 59, p. 143.
- Selection for a single pair of allelomorphs with complete replacement (with S. D. Jayakar). — *J. Genet.*, v. 59, p. 171.
- On being finite. — *Rationalist Annual*, p. 3.
- The genetics of a common Indian digital anomaly (with A. K. Ray). — *Proc. Nat. Acad. Sci. Wash.*, v. 53, p. 1050.
- The possible evolution of lactation. — *Zool. Jahrb. Syst.*, Bd. 92, S. 41.

- Data needed for a blueprint of the first organism. In «The origins of prebiological systems». S. W. Fox. (Ed.). New York, Acad. Press, p. 11.
- Biological research in developing countries. In «Man and Africa». G. E. W. Wolstenholme and M. O'Connor (Eds). CIBA Foundation Sympos. London, J. and A. Churchill, p. 222.
- Science and Indian culture. Collection of popular scientific articles. Calcutta. New Age Publishers, Private Ltd., 194 p.

1968

- Science and Life. Essays of a rationalist. Introduction by J. Magnard Smith. London, Pemberton Publ. Co Ltd., 213 p.

На русском языке

- Дедал и Икар. (Будущее науки) (совместно с Бертраном Расселом). М.—Л., Изд-во «Петроград», 1923.
- Энзимы. М.—Л., ОНТИ, Госхимтехиздат, 1934.
- Генетика и современные социальные теории. — Успехи совр. биол., 1934, т. 3.
- Факторы эволюции. М.—Л., Биомедгиз, 1935.
- Великий подвиг (к 90-летию со дня рождения В. И. Ленина). — Природа, 1960, № 4.
- Происхождение жизни. — Сб.: Планета Земля, М., ИЛ, 1961, стр. 315—334.
- Ученый уходит из жизни. (Автонекролог). — За рубежом, 1964, 26 дек., № 52 (237).
- Информация, необходимая для воспроизведения первичного организма. — Сб.: Происхождение предбиологических систем. М., «Мир», 1966, стр. 18—23.
- Биология и время. — Природа, 1966, № 8.
- О возможности социальных приложений антропогенетики. — Сб.: Наука о науке, М., «Прогресс», 1966, стр. 178—187.
- Предисловие к «Диалектике природы» Ф. Энгельса (первое издание на английском языке). — Природа, 1968, № 9.
- Как писать научно-популярную статью. — Природа, 1969, № 8.
- Возникновение жизни (1928 г.). — В кн.: Дж. Бернал. Возникновение жизни. М., «Мир», 1969, стр. 295—303.
- О целесообразности размера. — Природа, 1970, № 9.
- Добытки золота. [Научный детектив]. — Химия и жизнь, 1971, № 6.

Работы о Дж. Б. С. Холдейне

На английском языке

- Haldane L. K. Friends and kindred. London, Faber and Faber, 1961, 248 p.
- Science reporter (New Dehli). Haldane number, 1965, v. 2, № 11, p. 468—522.
- White M. J. D. J. B. S. Haldane. — Genetics, 1965, v. 52, № 1.

- Pirie N. W. J. B. S. Haldane.* — Biographical memories of fellows of the Royal Society, 1966, v. 12, p. 219—249.
- Haldane and Modern Biology.* K. R. Dronamraju (Ed.). Baltimore, The John Hopkins Press, 1968, 333 p.
- Clark Ronald. J. B. S.* The life and work of J. B. S. Haldane. London, Hobder and Stoughton, 1968, 268 p.
- N. Mitchison.* Small talk. Memories of childhood. London, 1973.
- N. Mitchison.* All change here. Girlhood and marriage. London, 1975.
- Edwards J. H.* Haldane and Cambridge Genetics (1900—1950). In: «Cambridge and its contribution to medicine». London, 1971.

На русском языке

- Гайсинович А. Е.* Предисловие. — В кн.: *Дж. Б. С. Холдейн.* Факторы эволюции. М.—Л., Биомедгиз, 1935, стр. III—V.
- Мёллер Г.* Вступительная статья. — В кн.: *Дж. Б. С. Холдейн.* Факторы эволюции, М.—Л., Биомедгиз, 1935, стр. VII—XXVII.
- Кедров Б. М.* Американское издание «Диалектики природы» Энгельса. — «Правда», 10 мая 1941 г.
- Кедров Б. М.* Первый английский перевод «Диалектики природы» Энгельса. — Под знаменем марксизма, 1941, № 5.
- Фельдман Г. Э.* Научное творчество Н. И. Вавилова в оценке зарубежных ученых. (Из лекций и статей Дж. Б. С. Холдейна). — Вестник АН СССР, 1968, № 2.
- Фельдман Г. Э.* Холдейновские чтения. — Природа, 1968, № 4.
- Фельдман Г. Э.* Джон Б. С. Холдейн. — Природа, 1968, № 5.
- Дронамраджу К. Р.* О некоторых сторонах жизни и деятельности Дж. Б. С. Холдейна. — Генетика, 1968, т. IV, № 5.
- Кедров Б. М.* Джон Холдейн о «Диалектике природы» Энгельса. — Природа, 1968, № 9.
- Фельдман Г. Э.* Джон Б. С. Холдейн о влиянии Энгельса на методологию научного мышления. — Вопросы философии, 1970, № 11.
- Кедров Б. М.* Энгельс и диалектика естествознания. М., Политиздат, 1970, стр. 124—131.
- Фельдман Г. Э.* Мысли Дж. Б. С. Холдейна о палеоокеанографии. — Океанология, 1970, № 6.
- Фельдман Г. Э.* Джей-Би-Эс. Химия и жизнь, 1971, № 3.
- Фельдман Г. Э.* Дж. Б. С. Холдейн и его вклад в биологические науки. Автореферат канд. дисс. М., 1971.
- Энгельгардт В. А.* Две встречи с Холдейном. — Химия и жизнь, 1971, № 3.

Оглавление

Предисловие редактора	5
Предисловие автора	7
Жизненный путь	
Семья. Детство. Годы учения	9
Первая мировая война. Полк «Блэк Уотч»	26
После демобилизации. Оксфорд и Кембридж. Посещение Советского Союза	32
Лондонский период (30—40-е годы)	41
Лондонский университетский колледж	41
В сражающейся Испании	43
Холдейн-марксист	46
«Наш удивительный Джей-Би-Эс»	55
«Тэгис» и подводная физиология	60
«Я обязуюсь...»	76
Индия	82
Научное творчество	
Генетика	107
Популяционная генетика и эволюция	116
Генетика человека	129
Радиационная генетика	141
Биохимия	146
Энзимология	146
Теория о происхождении жизни на Земле	153
Биохимия наследственности и биохимическая теория эволюции	164
Математика	174
Заключение	184
Приложения	
<i>Дж. Б. С. Холдейн.</i> Как писать научно-популярную статью	186
<i>Дж. Б. С. Холдейн.</i> О целесообразности размера	191
Библиографический указатель	196

Гавриил Эзрович Фельдман
Джон Бэрдон Сандерсон Холдейн

Утверждено к печати
редколлегией научно-биографической серии
Академии наук СССР

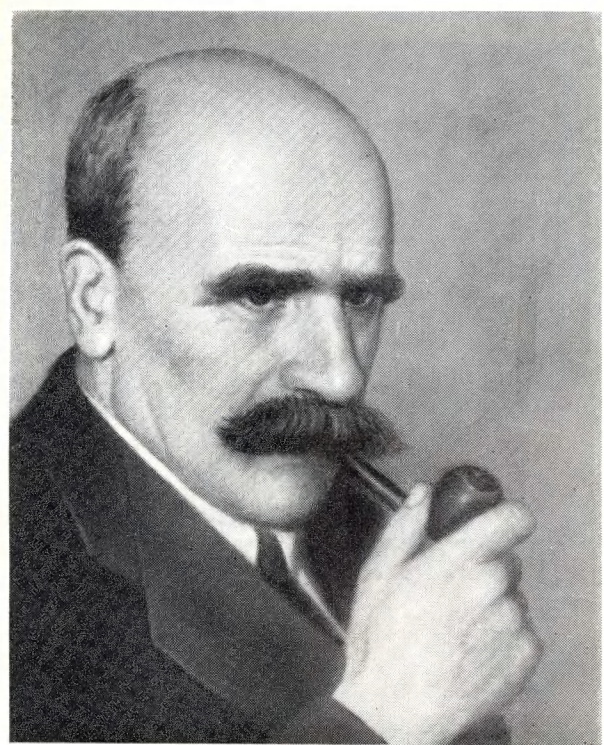
Редактор издательства *Н. Б. Прокофьева*
Художественный редактор *В. Н. Тихунов*
Технический редактор *Ф. М. Хенох*
Корректоры *И. Р. Бурт-Яшина, В. А. Шварцер*

Сдано в набор 24/II 1976 г. Подписано к печати 14/X 1976 г.
Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 2.
Усл. печ. л. 11,34. Уч.-изд. л. 11,9.
Тираж 16600. Т-16551. Тип. зак. 1021. Цена 71 коп.

Издательство «Наука», 103717 ГСП,
Москва, К-62, Подсосенский пер., 21
1-я типография издательства «Наука»,
199034, Ленинград, В-34, 9 линия, д. 12.

Джон Бэрдон Сандерсон ХОЛДЕЙН

Г. Э. Фельдман



Г. Э. Фельдман
**Джон
Бэрдон Сандерсон
ХОЛДЕЙН**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»



ГОТОВИТСЯ К ПЕЧАТИ КНИГА:

М. Г. Ярошевский, С. А. Чеспокова

Уолтер Бредфорд КЕННОН.

15 л. 1 р.

Книга посвящена Уолтеру Бредфорду Кеннону (1871—1945) — выдающемуся американскому физиологу, автору классических исследований по физиологии пищеварения, кровообращения, вегетативной и эндокринной систем.

Кеннон — один из создателей современного учения о механизмах эмоций и мотивации поведения. Он разработал теорию гомеостаза (как принципа саморегуляции внутренней среды организма), имеющую основополагающее значение для физиологии и медицины, ставшую одной из предпосылок кибернетики.

Книга рассчитана на медиков, биологов, психологов, а также читателей, интересующихся вопросами развития науки и проблемами научного творчества.

Для получения книги почтой заказы просим направлять по адресу:

117464 МОСКВА, В-464, Мичуринский проспект, 12, магазин «Книга — почтой» Центральной конторы «Академкнига»;

197110 ЛЕНИНГРАД, П-110, Петрозаводская ул., 7, магазин «Книга — почтой» Северо-Западной конторы «Академкнига» или в ближайшие магазины «Академкнига».