

ФИЛОСОФЫ
РОССИИ
XX ВЕКА

А.А.МАЛИНОВСКИЙ

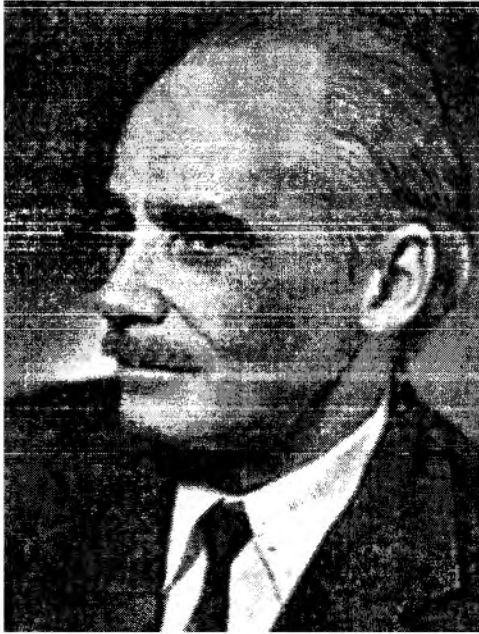
ТЕКТОЛОГИЯ

•
ТЕОРИЯ СИСТЕМ

•
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ
БИОЛОГИЯ

А.А.МАЛИНОВСКИЙ

**Тектология
Теория систем
Теоретическая
биология**



Altaurobeus

ФИЛОСОФЫ
РОССИИ
XX ВЕКА

А.А.МАЛИНОВСКИЙ

ТЕКТОЛОГИЯ

•
ТЕОРИЯ СИСТЕМ

•
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ
БИОЛОГИЯ



Эдиториал УРСС
Москва • 2000

*Настоящее издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского гуманитарного научного фонда (проект № 97–03–16107)*

Редакционная коллегия серии «Философы России XX века»:
В. С. Степин (председатель), Ф. Н. Блюхер (учный секретарь),
А. А. Гусейнов, А. Ф. Зотов, В. А. Лекторский, Л. А. Мнкешнна,
А. П. Огурцов, В. Н. Садовский

Составление:

В. В. Бабков, В. С. Клебанер, Э. М. Мирский, В. Н. Садовский

Вступительные статьи:

В. В. Бабков, В. Н. Садовский; Л. С. Жолнерович, И. С. Збандут,
Л. П. Ивченко, О. П. Копп; В. С. Клебанер

Малиновский А. А.

Тектология. Теория систем. Теоретическая биология. — М.: Эдиториал УРСС, 2000. — 448 с.

Александр Александрович Малиновский (1909–1996) — видный российский ученый, крупный специалист в области биологии, теории и практики применения системного подхода. Основными направлениями его научной деятельности являлись разработка проблем генетики и теоретической биологии, а также философско-методологический анализ проблем системного подхода и разработка принципов тектологии (где он развивал идеи, выдвинутые его отцом — А. А. Богдановым) и кибернетики. Ряд важных положений в этой области, в том числе о роли и содержании положительных и отрицательных обратных связей в биологии, были обоснованы им впервые. В работах А. А. Малиновского разрабатывались проблемы типологии и классификации систем, дан анализ формирования их целостности и эффективности. Ценный вклад А. А. Малиновский внес в развитие теории структур и обоснование ее места в системном подходе. Работы А. А. Малиновского содержат яркие образцы творческого применения системного подхода не только в области биологии и медицины, но и в таких областях, как социология, исследование творческих процессов и др. Книга содержит наиболее ценные работы А. А. Малиновского, которые представляют важнейшие направления его исследований: тектологию и теорию систем, системный подход в биологии и медицине, методологию анализа проблем организации и развития науки.



ISBN 5–8360–0090–5

© А. А. Малиновский, 2000

© Составление: В. В. Бабков, В. С. Клебанер, Э. М. Мирский, В. Н. Садовский, 2000

© Вступительные статьи: В. В. Бабков, В. Н. Садовский; Л. С. Жолнерович, И. С. Збандут,
Л. П. Ивченко, О. П. Копп; В. С. Клебанер, 2000

© Эдиториал УРСС, 2000

АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ МАЛИНОВСКИЙ (1909—1996): ВЕХИ ЖИЗНИ И ТВОРЧЕСТВА*

Александр Александрович Малиновский — выдающийся российский биолог, генетик, специалист по проблемам тектологии, кибернетики и системных исследований.

Александр Александрович Малиновский родился 12 июля 1909 г. в Париже. Его отец — профессиональный революционер Александр Александрович Богданов (Малиновский), врач, социалист, экономист, философ, просветитель рабочих, поэт, писатель, создатель первого в мире Института переливания крови и основатель Всеобщей организационной науки «Тектологии», мать — революционерка Анфуса Ивановна Смирнова, прошедшая тюрьму и ссылку. Александр был крещен в соборе Александра Невского; крестным отцом был А. В. Луначарский. А. А. Малиновский провел ранние годы в среде российских социалистов-эмигрантов. «Котик» Малиновский ходил в детский сад русских политэмигрантов в парке Монсульт вместе с двоюродным братом «Тото» Луначарским — сыном А. В. Луначарского и его первой жены Анны Александровны, сестры А. А. Богданова-Малиновского.

За неделю до начала Первой мировой войны А. А. Малиновский с матерью приехал в Россию и жил с семьей сестры матери в Барнауле. После смерти матери от туберкулеза в 1915 г. он воспитывался главным образом в семье Лидии Павловны Павловой, подруги матери. В Москве он учился в гимназии совместного обучения Репмана, затем в гимназии Брюханенко, ставшей после революции образцовой экспериментальной школой Московского отдела народного образования.

В 1913 г. А. А. Богданов, отошедший от политической деятельности из-за разногласий с В. И. Ульяновым-Лениным, вернулся в Россию, где печатал свои сочинения и занимался

* Вступительная статья подготовлена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект № 98-03-04157).

экономическим просвещением рабочих. Круг его занятий в советской России был весьма широк. Он читал лекции по экономике, был членом Коммунистической академии, подготовил и опубликовал новые издания «Тектологии» (2-е изд. в трех частях 1922; 3-е, 1925–29), печатал новые сочинения, например, 2-й том «Курса политической экономии» (1919; 1-й том вышел в 1910) и другие, участвовал в разработке основ идеологии Пролеткульта. Вместе с тем его главным делом этого периода стала организация Института по переливанию крови, открытого в 1926 г. Этот Институт расположился в особняке И. В. Игумнова на Б. Якиманке (и делил его с Институтом мозга Ленина О. Фогта; позже там было посольство Франции). Стремясь разрешить задачу омоложения, Богданов проводил опыты по обменному переливанию крови, основанные на тектологических принципах. Первые опыты привлекли внимание правительственных и высших партийных кругов и прошли успешно. Однако 7 апреля 1928 г., после одного из опытов по обменному переливанию крови (где его партнером был студент, больной малярией и туберкулезом), в результате несовместимости по резус-фактору, который тогда определять еще не умели, Богданов скончался.

Воспитываясь отдельно от отца, А. А. Малиновский в более зрелом возрасте выявил устремления к тектологическому (говоря языком наших дней — системно-кибернетическому) стилю мышления, а также к занятиям медициной, что было близко к устремлениям его отца А. А. Богданова-Малиновского (об отношениях отца и сына рассказано в статье В. С. Клебанера, публикуемой в настоящем издании). Поначалу А. А. Малиновский склонялся к занятиям математикой. Однако знакомство с книгой Эрнста Кречмера «Строение тела и характер» (тогда как раз появилось ее первое русское издание: М.: Биомедгиз, 1923) повлияло на его судьбу: он задумал разрешить загадку конституций человека. В 1926 г. он поступил на Медицинский факультет 1-го МГУ и окончил его в 1931 г., когда факультет был уже выведен из состава Университета и преобразован в 1-й Московский медицинский институт. В начале 30-х гг. А. А. Малиновский занимался генетикой психиатрии под руководством проф. П. Б. Ганнушкина, живо интересуясь этой областью исследований.

С 1931 по 1948 г. А. А. Малиновский был аспирантом, затем научным сотрудником Института экспериментальной биологии (ИЭБ) Наркомздрава РСФСР (с 1939 г. — Института цитологии, гистологии и эмбриологии АН СССР),

созданного и руководимого Николаем Константиновичем Кольцовым. Будучи аспирантом, А. А. Малиновский с согласия Кольцова, занялся выяснением функциональных корреляций человеческого организма как источника конституциональных типов, — темой, не имеющей никакого отношения к задачам ИЭБ и даже опасной для его существования в конкретных обстоятельствах той эпохи, но близкой научным интересам А. А. Малиновского. В течение 1929–1931 гг. Н. К. Кольцов отражал систематические атаки тогдашних советских партийных и научных идеологов на его Институт. Дело шло к его закрытию. С помощью Максима Горького и других друзей Н. К. Кольцов спас Институт. Однако ему пришлось пожертвовать изучением генетики человека в ИЭБ. Н. К. Кольцов был вынужден закрыть занимавшееся этим Евгеническое отделение; темы и сотрудников он передал в организуемый тогда Соломоном Григорьевичем Левитом Медико-генетический институт¹⁾.

В 1935 г. в СССР были восстановлены ученые степени и звания. В этом году А. А. Малиновский стал кандидатом биологических наук. Он не спешил с публикациями: очерк о типах конституций, основа кандидатской работы, был напечатан лишь через 10 лет, в 1945 г. (публикуется в разделе II настоящего сборника [1945 а]²⁾, а расширенный вариант диссертации — в 1948 г. [1948 а].

В раннем цикле своих работ Малиновский анализирует понятия обратной отрицательной связи и обратной положительной связи и применяет их к вопросам гормонального баланса и т. п. Помимо полученных им конкретных биологических результатов, самостоятельную ценность этого медико-биологического исследования составляют его принципы и подходы, близкие к системно-кибернетическому подходу в его сегодняшнем понимании.

А. А. Малиновский пришел в Институт Н. К. Кольцова после того, как по политическому обвинению был арестован и сослан Сергей Сергеевич Четвериков и ликвидировано его Генетическое отделение, которое за короткое время существования заложило основы генетического анализа природных популяций. Следует отметить, что эти большие достижения школы С. С. Четверикова были в значительной мере связаны

¹⁾ См. *Бабков В. В.* Н. К. Кольцов: борьба за автономию науки и поиски поддержки власти // Вопросы истории естествознания и техники. 1989. № 3; *Бабков В. В.* Биологические и социальные иерархии // Там же. 1997. № 1.

²⁾ При ссылках на работы А. А. Малиновского в настоящей книге используются, как правило, их сокращенные обозначения, введенные в разделе «Научные труды А. А. Малиновского» (см. с. 423–435).

с системным стилем мышления, используемом участниками этой школы³). В начале 1930-х гг. Н. К. Кольцов восстановил Лабораторию генетики под руководством Н. П. Дубинина. Преемственность с Отделением С. С. Четверикова в ИЭБ сохранилась благодаря Эволюционной бригаде (Лаборатории) с Дарвиновским семинаром Дмитрия Дмитриевича Ромашова, ученика Н. К. Кольцова и С. С. Четверикова. Д. Д. Ромашов привлек к работе друга детства А. Н. Колмогорова и еще одного математика А. А. Ляпунова. В напряженной творческой атмосфере Эволюционной бригады А. А. Малиновский, который до 1938 г. выполнял обязанности ее секретаря, подготовил несколько генетических работ. Одной из них — «Роль генетических и фенотипических явлений в эволюции вида. Сообщение I. Плейотропия» [1939 а] — открывается список его опубликованных работ. Этот цикл исследований А. А. Малиновского был посвящен по сути дела формулированию системных принципов в области биологической эволюции (см. [1940 а; 1941 а; 1945 в; 1947 а, в, г, д]).

В математике А. А. Малиновский придавал большее значение логике постановки задачи, чем математической технике ее решения. Может быть, поэтому он загадку конституций предпочел математике. А в Эволюционной бригаде А. А. Малиновский, наряду с Д. Д. Ромашовым, играл существенную роль в постановке биологических задач в форме, понятной математикам и доступной для применения математических подходов. Он, например, сформулировал принцип существования оптимума изоляции для эволюции популяций (где «борются интересы» дрейфа и отбора) и предложил две модели оптимальной структуры популяции, но не опубликовал статью на эту тему. Одна из этих моделей, ориентированная на аналитические методы, была тогда же проанализирована А. Н. Колмогоровым, который применил для ее описания «прямое уравнение Колмогорова», только что разработанный им метод анализа уравнений в частных производных. В своей работе «Уклонение от формул Харди при частичной изоляции»⁴) академик А. Н. Колмогоров пишет, что предлагаемая им формула «может быть использована для подтверждения общего положения о существовании оптимума частичной изоляции для отбора рецессивных генов, выдвинутого и обоснованного с качественной стороны А. А. Мали-

³) См. *Бабков В. В.* Московская школа эволюционной генетики. М., 1985.

⁴) *Колмогоров А. Н.* Уклонения от формул Харди при частичной изоляции // ДАН СССР. III (VIII). 1935. № 3 (36).

новским». Другая модель, ориентированная на компьютерное моделирование, была проанализирована позже⁵⁾.

А. А. Малиновский глубоко вникал в научные проблемы коллег по Эволюционной бригаде и щедро делился с ними своими идеями (но и многое почерпнул от них), поэтому можно предполагать, что опубликованные им работы — только «надводная часть» его научного наследия этого периода.

Спокойная жизнь в исключительной творческой атмосфере, под ежедневной защитой Н. К. Кольцова кончилась, когда весной 1939 г. Кольцов был смещен с поста директора, а его Институт, в виде более узкого по тематике Института цитологии, гистологии и эмбриологии, был включен в систему АН СССР и начал рассыпаться. Первой была ликвидирована Эволюционная лаборатория Ромашова⁶⁾. В отсутствие Эволюционной лаборатории Малиновский должен был заняться иными направлениями исследований. Он разработал логическое обоснование опытов по пересадке зародышевых зубов, а блестящий хирург и его друг А. Г. Лапчинский предложил экспериментальную методику проведения этих опытов с позиций механики развития. Они поставили такие опыты на крысах, кошках, собаках, и пошли дальше — поставили опыт (тогда неудавшийся) на человеке [1940 б, в, г; 1941 а]; в роли подопытного выступил А. А. Малиновский.

А. А. Малиновский активно участвовал в дискуссиях по вопросам генетики и селекции в 30-е годы. Еще в апреле 1931 г. Общество биологов-материалистов Комакадемии по распоряжению И. В. Сталина устроило дискуссию, где были противопоставлены сторонники теории гена и сторонники ламаркизма. На деле это была генеральная репетиция позднейших атак лысенковцев на генетику. Большая дискуссия между генетиками и лысенковцами шла вторую половину 1935 и весь 1936 год. Ее кульминацией стала IV сессия ВАСХНИЛ в декабре 1936 г. Там Н. К. Кольцов возглавил генетиков — оппонентов Т. Д. Лысенко и И. И. Презента. Генетики не сдались, но следствием сессии стала оголтелая пропаганда Агитпропом ЦК партии лысенковщины среди широкой публики, а также ряд административных мер. Преподавание генетики в школах было отменено. Медико-генетический институт был разгромлен, а генетика человека запрещена *de facto*. На деле декабрьская сессия 1936 г. была

⁵⁾ См. Бабков В. В. Модель генетической эволюции с пространственной изоляцией (в машинном эксперименте) // Проблемы кибернетики. 1972. Вып. 25.

⁶⁾ См. Бабков В. В. Н. К. Кольцов и его Институт в 1938–1939 гг. // Онтогенез. 1992. № 4.

организована И. В. Сталиным в противовес планируемому московскому VII Международному конгрессу по генетике, назначенному на август 1937 г. Очевидно, что Конгресс показал бы мировому сообществу существенные успехи русских генетиков и бесплодность обскурантов, сторонников Т. Д. Лысенко — И. И. Презента, поэтому он был отменен распоряжением Сталина.

Генетики, не удовлетворенные итогами декабрьской сессии 1936 г., настаивали на публичной дискуссии. И. В. Сталин распорядился о проведении дискуссии при редакции идеологического журнала «Под знаменем марксизма» в октябре 1939 г. — вслед за VII Конгрессом по генетике, прошедшем в августе 1939 г. в Эдинбурге в отсутствие советских генетиков. Главный редактор журнала М. Б. Митин поддерживал лысенковцев.

В бурных дискуссиях октября 1939 г. преобладали два вопроса: о неизменности гена и о практической ценности теорий генетиков и лысенковцев. В перерыве заседания, после особенно ожесточенного обмена мнениями, Малиновский отправился в Наркомзем СССР и запросил справку: сколько посевных площадей, по пшенице и ржи, занято сортами генетиков и сколько лысенковскими. Такую справку он получил без промедления. Оказалось, что сортами генетиков заняты громадные площади. Изрядные площади были засеяны несортными семенами, доставшимися от прежних времен. Лысенковские сорта — собственно, один *кандидат* на сорт (он не прошел государственных сортоиспытаний), — занимали настолько ничтожную площадь, что не могли считаться промышленными посевами. После перерыва А. А. Малиновский выступил в прениях, потратил некоторое время на обсуждение принципиальных вопросов (и здесь он стремился к логически четкому обоснованию генетической комбинаторики и расщепления генов и доказательству необоснованности слитной наследственности, отстаиваемой лысенковцами) и только затем предъявил *бомбу* — зачитал справку Наркомзема. Председательствующий прервал выступление А. А. Малиновского, сославшись на истраченное время. Справка Наркомзема из выступления А. А. Малиновского была лишь кратко упомянута в обзоре дискуссии, подготовленном В. Н. Колбановским⁷⁾. Однако до поры сохранялась двухтомная стенограмма всей дискуссии. В начале 1970-х гг. были изготовлены четыре машинописные копии стенограммы. Впоследствии оригинальная стенограмма исчезла, поэтому выступление А. А. Малиновского на дис-

⁷⁾ Под знаменем марксизма. 1939. № 11. С. 124.

куссии 1939 г. печатается в III разделе настоящего сборника по одной из этих машинописных копий [1939 б].

А. А. Малиновский принял участие в Великой Отечественной войне в качестве военврача 3-го ранга; в 1941–1942 гг. он руководил лабораторией при военном госпитале близ Торжка и пережил там жестокие бомбардировки германской авиации и выход из замыкавшегося уже кольца окружения.

Осенью 1942 г. в связи с болезнью он был демобилизован и вернулся на работу в Институт цитологии, гистологии и эмбриологии, где продолжил разработку системы конституций человека (см. [1945 а, б, г; 1948 а]). В этот период А. А. Малиновский занимался также логическим анализом ряда генетических механизмов эволюции: инверсий, плейотропии, дрейфа; провел анализ учета миграций в экспериментах в природе (это одна из его работ по применению математических методов в биологии [1947 г.]); занимался вопросами системной логики дарвинизма; обосновал системную постановку вопроса о биологическом виде как эволюционном целом (см. [1945 в; 1947 а, в, д]).

В 40-е годы А. А. Малиновский подготовил материалы к монографии, которая в сокращенном виде и уже с использованием понятий кибернетики была опубликована в 1960 г. в сборнике «Проблемы кибернетики», № 4 [1960 а].

В 1948 г. в томе трудов Института цитологии, гистологии и эмбриологии АН СССР вышла большая работа А. А. Малиновского по типам конституций [1948 а], но судьба этого тома трудов была трагичной. Две трети тома занимала работа И. А. Рапопорта по химическому мутагенезу; после его резкого выступления против группы Т. Д. Лысенко — И. И. Презента на августовской сессии 1948 г. он был исключен из партии, а тираж тома почти полностью уничтожен.

В 1947 г. вышел перевод А. А. Малиновского с его послесловием знаменитой книги Эрвина Шредингера «Что такое жизнь с точки зрения физики?» [1947 б]. Материал книги построен вокруг анализа статьи 1935 г. Н. В. Тимофеева-Ресовского, К. Г. Циммера, М. Дельбрюка с изложением принципа попадания и принципа мишени. В свою очередь, эта статья была основана на матричном принципе воспроизведения наследственных молекул Н. К. Кольцова. В послевоенный период книга Э. Шредингера привлекла химиков и физиков всего мира к решению круга проблем, составившим основу молекулярной биологии. Химикам и физикам, членам Академии наук СССР, книга Шредингера ясно рассказала, что методы их собственных наук могут найти новое поле приложения в генетике, но не уживутся с лысенковщиной.

На августовской сессии ВАСХНИЛ 1948 г. Т. Д. Лысенко провозгласил решение партии одобрить и поддержать пози-

цию его сторонников. В основном докладе он персонально упомянул, среди ряда биологов, А. А. Малиновского, назвав «идеалистическим» его послесловие к книге Шредингера. Далее последовал ряд мероприятий ведущих советских научных биологических организаций, в том числе заседание расширенного президиума АН СССР, где часто упоминались идеалист Э. Шредингер и его персводчик А. А. Малиновский (впоследствии этот факт, возможно, сыграл благоприятную роль в судьбе Александра Александровича, когда после осуждения монополии Т. Д. Лысенко вице-президент АН СССР Н. Н. Семенов пригласил А. А. Малиновского к себе консультантом по биологии).

А. А. Малиновский, как и все «вейсманисты», после сессии ВАСХНИЛ был уволен с работы. На несколько лет его семья осталась без средств к существованию. В эти годы систематическую материальную поддержку его семье оказывал профессор экономической географии МГУ Иван Александрович Витвер, брат матери Елены Дмитриевны Смирновой, жены А. А. Малиновского.

Нельзя сказать, что у Александра Александровича не было никаких возможностей работать. Например, А. Н. Колмогоров, высоко ценивший научные способности Малиновского, предложил регулярно снабжать его деньгами в виде гонорара за систематическую научную работу по четкому плану. Однако некоторые условия этого предложения не позволили Малиновскому его принять.

Знаменитый офтальмолог Владимир Петрович Филатов, разбирая бумаги своего брата Дмитрия Петровича Филатова (выдающегося исследователя, основателя механики развития, руководителя Отделения Института Н. К. Кольцова, умершего в Москве в 1943 г.), нашел его теплый отзыв об А. А. Малиновском. В. П. Филатов узнал, что А. А. Малиновский находится в Москве и не имеет работы, связался с ним и пригласил в свой институт в Одессу. Превосходное предложение вольной работы в провинции, далекой от столичных неприятностей, при серьезной защите со стороны могущественного директора было принято в начале 1951 г.

Одесский период — 1951—1965 гг. — был счастливым для Малиновского. Он имел возможность выбирать тему исследования по душе, принимать в Одессе коллег и друзей, ездить в Москву и Ленинград для общения с семьей, с друзьями, для участия в Совещаниях по применению математических методов в биологии (см. [1959 а; 1960 г; 1961 б; 1964 г]), Симпозиуме по комплексному изучению творчества [1963 а] и т. п. В Одессе им выполнен ряд работ по тканевой терапии (см. [1953 а; 1955 б; 1956 г; 1960 б; 1962 б]) и серия

исследований по миопии и другим вопросам офтальмологии (см. [1955 а; 1956 а, б, в, д, е, ж, з; 1957 а; 1958 а, г, д; 1959 б—ж, и; 1960 в, г; 1961 а, г; 1961 а, в, д; 1963 б, в; 1964 а—г; 1965 а—г; 1966 а]). За работы в области борьбы с близорукостью Малиновский впоследствии был награжден знаком «Отличник здравоохранения». Об этом периоде в настоящем сборнике рассказывают его друзья и коллеги по Украинскому институту глазных болезней Л. С. Жолнерович, И. С. Збандут, Л. П. Ивченко, О. П. Копп в одной из вступительных статей.

В Одессе А. А. Малиновским была написана важная работа «Типы управляющих биологических систем и их приспособительное значение», посвященная анализу типов структур [1960 а]. Упомянем и об изучении им соотношения процессов возбуждения и торможения при экспериментальной эпилепсии [1954 а; 1958 б, в]. Данная проблема поставлена под влиянием круга идей Л. В. Крушинского, высказанных в Институте Н. К. Кольцова; и в этой работе экспериментальные результаты сопровождалась, что неудивительно, системно-кибернетическим анализом. Это исследование (как и «Типы управляющих систем») было задумано и в основном выполнено в «Кольцовский» период и лишь оформлено было в «Филатовский».

* * *

Теоретическая деятельность Александра Александровича Малиновского развивалась главным образом в двух основных направлениях: разработка проблем *генетики* и *теоретической биологии*, включая исследования по *истории биологии* главным образом XX века, и философско-методологический анализ проблем *системного подхода*, развитие принципов *тектологии* и *кибернетики*.

В *первый период* своей деятельности, который продолжался до возвращения Александра Александровича из Одессы в Москву в 1965 г., он концентрировал свое основное внимание на первом направлении, хотя и в эти годы, прежде всего во время работы в Одессе в 1951–1965 гг., выполнил и ряд важных работ по теоретической кибернетике и по проблемам применения математических методов в биологии — см., в частности, его программную статью, которую мы уже называли, «Типы управляющих биологических систем и их приспособительное значение», опубликованную в 1960 г. [1960 а] и включенную в настоящее издание, а также работы [1960 г; 1964 г; 1966 в].

Основные полученные А. А. Малиновским конкретные генетические и общебиологические результаты были освещены

в первой части настоящей статьи. К сказанному ранее добавим, что обобщенные изложения ранних исследований Александра Александровича по биологии и генетике даны в его работах «Строение и жизнь человеческого тела» (М.: Гостехиздат, 1946 [1946 а] — в 1946–1958 гг. эта работа выдержала 20 изданий) и «Организм человека и его жизнедеятельность» (М.: Медгиз, 1952 [1952 а]). Определенные итоги своих генетико-биологических и медицинских исследований А. А. Малиновский подвел в работах «Пути теоретической биологии» (М.: Знание, 1969 [1969 в] — публикуется в настоящем издании) и «Биология человека» (М.: Знание, 1973 [1973 б]).

После осуждения монополии Т. Д. Лысенко во второй половине 60-х гг. в Академии наук усилились попытки создать новые и расширить уже имеющиеся возможности для развития современной биологии. А. А. Малиновский смог переехать в Москву в качестве консультанта вице-президента Академии наук, лауреата Нобелевской премии академика Н. Н. Семенова и работал в этой должности в 1965–1970 гг. Одновременно он организовал и возглавил курс генетики на медико-биологическом факультете 2-го Московского медицинского института. А. А. Малиновский стал доктором наук в 1967 г. и профессором в 1969 г. Кабинет А. А. Малиновского стал своего рода клубом, где можно было встретить самых разных, но несомненно интересных людей — от Льва Николаевича Гумилева до Эрика Григорьевича Юдина.

В качестве консультанта вице-президента Академии наук Н. Н. Семенова А. А. Малиновский активно включился в работу по восстановлению теоретической биологии (см. его работы [1967 б; 1968 а, б, в; 1969 а, в; 1970 а–з]), математической биологии (см. [1964 в; 1969 в]), биологии человека (см. [1965 а; 1969 е, ж; 1971 б; 1973 б, в, з; 1975 б; 1976 а, в, г; 1977 г]). В ходе работы по восстановлению генетики А. А. Малиновский и его коллеги столкнулись с кардинальным изменением позиции Н. П. Дубинина: активный защитник генетики (везде, кроме сессии 1948 г.), Дубинин стал тормозить присуждение докторских степеней генетикам, создавать препятствия организации генетических учреждений, кроме тех, которыми руководил он сам, — словом, монополия Лысенко сменялась тогда монополией Дубинина⁸⁾.

⁸⁾ Кульминацией новой лысенкиады стал выпуск летом 1973 г. Политиздатом сотысячным тиражом (плюс два переиздания) воспоминаний Н. П. Дубинина «Вечное движение». Книга разъясняла «правильность» позиции Лысенко по некоторым вопросам в спорах с генетиками, перекладывала вину за трагедию науки на генетиков и по существу оправдывала поддержку лысенковщины со стороны партии, государства и органов госбезопасности.

В 1974 г. А. А. Малиновский перешел на работу в Институт истории естествознания и техники Академии наук СССР на должность старшего научного сотрудника сектора истории биологии. Этим сектором руководил профессор Л. Я. Бляхер, уволенный в 1948 г. как вейсманист с кафедры общей биологии 2-го Московского медицинского института, — резкий противник, как и А. А. Малиновский, лысенковщины. В Институте истории естествознания и техники Александр Александрович поддерживал тесные научные связи с сотрудниками сектора системного исследования науки И. В. Блаубергом, Э. Г. Юдиным, В. Н. Садовским, Э. М. Мирским и другими, активно участвовал в работе семинара этого сектора, в издаваемом сотрудниками сектора ежегоднике «Системные исследования», в организации встречи-дискуссии на тему «Системный подход в современной биологии», на которой он был одним из главных докладчиков. Вскоре после перехода в 1978 г. сотрудников сектора системного исследования науки во Всесоюзный научно-исследовательский институт системных исследований АН СССР (позднее этот институт был переименован в Институт системного анализа РАН) А. А. Малиновский последовал за своими друзьями-коллегами и в 1979–1986 гг. работал в Институте системных исследований.

Второй период творчества А. А. Малиновского, продолжавшийся около 25 лет, оказался очень продуктивным. В 1965–1989 гг. Александр Александрович опубликовал около 90 научных работ. Основное внимание в них было уделено развитию тектологии, теории систем и кибернетики, обсуждению философских вопросов биологии и науковедения, а также обобщению результатов его исследований по проблемам общей биологии, генетики и медицины. Второй период научного творчества А. А. Малиновского таким образом продолжил его работу в первый период и придал ей большую философско-методологическую общность и определенность.

Интерес А. А. Малиновского к методологическим научным принципам, которые впоследствии стали называться кибернетическими, проявился практически с начала его научной деятельности — еще за несколько лет до публикации Н. Винером книги «Кибернетика» (1948), то есть по сути дела до официального рождения кибернетики. Большое влияние в этом отношении на Александра Александровича оказали работы Н. А. Белова и М. М. Завадовского, на которые он неоднократно ссылался в своих публикациях. Так, в частности, в небольшой статье «Типы взаимодействия и их значение в организме» [1945 г], подготовленной в 1943 г., А. А. Малиновский, следуя Н. А. Белову и М. М. Завадовскому, обращает внимание на тип взаимодействия органов, где орган *A* (например, гипофиз) стимулирует *B* (например, семенники), а *B*

тормозит А. Такое взаимодействие, отмечает А. А. Малиновский, получило название «плюс—минус» (кибернетической терминологии еще не существует, и А. А. Малиновский использует свои собственные обозначения). Этот тип взаимодействия, по мнению А. А. Малиновского, объясняет явления регуляции, компенсаторной гипертрофии и т. д. Он распространен между эндокринными органами. Однако он определяет лишь стабилизацию и свойственен только поздним стадиям развития. Где нет стабилизации (тимус, цикл беременности), тип взаимодействия «плюс—минус» не доказан: на ранних стадиях преобладают взаимная стимуляция частей «плюс—плюс» или взаимное угнетение «минус—минус»⁹⁾. Фактические в этой статье изложены некоторые важные принципы кибернетического подхода к исследованию биологических объектов.

Позднее в 1960 г. в статье [1960 а], используя уже кибернетическую терминологию, Александр Александрович пояснил, что в то время как Н. А. Белов в основном занимался анализом отрицательных обратных связей, то он в рассматриваемой работе «показал, что в процессах дифференциации, а также в регуляции некоторых физиологических процессов основную роль играют положительные обратные связи»¹⁰⁾.

В другой ранней статье «Вид как эволюционное целое», опубликованной в 1947 г. [1947 д], А. А. Малиновский излагает по сути дела системное решение вопроса о критерии вида (сам автор называет его «принципиальным»). По его мнению, любая конкретная систематическая единица реальна как сумма особей, но критерий, выделяющий ее, может быть или условен или объективен. Александр Александрович формулирует следующие требования к критерию: «1) всеобщность (для всех организмов, от простейших до высших), 2) объективность, 3) единство (то есть критерий не должен базироваться на ряде независимых признаков, могущих противоречить один другому), 4) специфичность, то есть он должен выделять именно вид, основную систематическую единицу». Обычно применяемые критерии не отвечают этим требованиям. А. А. Малиновский считает, что «единственным критерием вида... может быть только критерий вида как эволюционного целого. С этой точки зрения существенными должны считаться те и только те разграничения, которые реально приводят к самостоятельному эволюционному развитию или являются отражением его. Пока имеющиеся различия (полиморфизм, чистые линии самоопылителей,

⁹⁾ См. с. 50 настоящего издания.

¹⁰⁾ С. 200 настоящего издания.

хромосомные вариации) не нарушают единства эволюционного развития и вся группа эволюционирует как целое, она — единый вид, и эти различия — внутривидовые. Когда две группы приобретают эволюционную независимость в смысле самостоятельных путей развития, они — самостоятельные виды. Вид — эволюционное целое, и низшие единицы входят в него как части. Это значит, что развитие одних подвидов путем скрещиваний, миграций (у самоопылятелей) или сходства условий идет параллельно путям эволюции других подвидов, и особи разных подвидов сохраняют эволюционную эквивалентность (сходство эволюционной реакции) и относительную эволюционную обратимость»¹¹⁾.

Сравнивая вид с высшими систематическими единицами, Александр Александрович отмечает, что «вид представляется единым, в то время как род уже дискретен, его части непрерывно дивергируют. В виде преобладают объединяющие, центростремительные силы (скрещивание, общность строения и условий), в роде — центробежные (изоляция, различия строения и реакции и т. д.). Отношение вида к подвиду характеризуется внешними взаимоотношениями: подвид зависит от других подвидов, вид эволюционно самостоятелен в отношении соседнего вида. Отношение к роду в простейшем случае характеризуется внутренними связями: вид целостен, род дискретен и множественен в своей эволюции»¹²⁾.

Гонения на кибернетику в СССР в начале 50-х гг. с большой горечью воспринимались А. А. Малиновским, а признание серьезного научного значения кибернетики — благодаря главным образом усилиям академика А. И. Берга и члена-корр. АН СССР А. А. Ляпунова, было встречено им с большим энтузиазмом. Уже неоднократно упоминавшаяся работа А. А. Малиновского «Типы управляющих биологических систем и их приспособительное значение» [1960 а] была одним из первых очень серьезных кибернетических исследований, выполненных отечественным автором, и она по сути дела сыграла фундаментальную роль в переходе А. А. Малиновского от первого этапа его творчества ко второму.

Трудно определить время первого знакомства А. А. Малиновского с идеями «Тектологии» — главного научного труда его отца А. А. Богданова-Малиновского. Думается, однако, что определенные тектологические знания Александр Александрович получил и из контактов с А. А. Богдановым в 20-е годы и из тех дискуссий, главным образом критических, которые развернулись после публикации «Тектологии»

¹¹⁾ См. с. 292–293 настоящего издания.

¹²⁾ С. 293 настоящего издания.

в 1913–1917 гг. и особенно после публикации третьего издания этой книги в 1925–1929 гг.

В 30–50-е гг., как хорошо известно, «Тектология» А. А. Богданова, хотя и не была запрещена в СССР, пользовалась, однако, очень плохой репутацией в советских партийных и научных кругах, и А. А. Малиновский — сначала студент, затем аспирант и молодой научный сотрудник не имел никаких возможностей ни глубоко освоить идеи «Тектологии», ни — тем более — добиться ее научной реабилитации. Этого не сделали многие маститые мужи того времени, и, конечно, этого не мог сделать в те годы А. А. Малиновский. Однако, как только общая идеологическая ситуация в стране стала меняться, А. А. Малиновский оказался среди тех философов и ученых (А. И. Уемов, В. Боголепов, А. Л. Тахтаджян, И. В. Блауберг, Э. Г. Юдин, М. И. Сетров и другие), которые, хотя и не сразу, но достаточно решительно заявили о высоком научном статуса тектологии и к началу 70-х гг. добились ее полной научной реабилитации.

Видимо, первые публикации А. А. Малиновского, посвященные восстановлению научного реноме А. А. Богданова как основателя тектологии, — это его статьи, опубликованные в «Философской энциклопедии» и других энциклопедических изданиях, — «Организация» [1967 б], «Тектология» [1970 б] (публикуется в настоящем издании), «Богданов» [1970 з]. В статье «Тектология», в частности, дано четкое определение предпосылок тектологии, ее исходного пункта, сформулирована тектологическая дефиниция организованной системы и подчеркивается, что «в тектологии рассматриваются основные организационные механизмы (формирующие системы и регулирующие их), устойчивость и организованность форм, дается классификация систем (централистические, слитные, четочные) и форм устойчивости (количественные, структурные и т. д.). Большое внимание уделяется изучению кризисов в развитии систем, а также подбора как фактора этого развития и некоторых форм равновесия. Особое значение придается процессам отбора, которые рассматриваются как основные и универсальные механизмы формирования и превращения систем»¹³).

Александр Александрович особо подчеркивает в этой статье «заметную общность принципов и отдельных положений кибернетики с рядом тезисов тектологии» — «это относится к основной постановке проблемы изучения общих принципов, приложимых к системам, которые различны по составу и происхождению, к вопросу о роли моделирования, об общем для разных наук языке, к разработке принципа обратной

¹³) См. с. 48 настоящего издания.

связи (в тектологии называемой бирегулятором), к распространению принципа отбора на процессы мышления. Идеи тектологии близки и к современной проблематике системных исследований»¹⁴⁾.

Большое внимание, которое А. А. Малиновский уделил в своем научном творчестве разработке философских, методологических и теоретических проблем системных исследований, хорошо понятно, особенно если учесть постоянно проявляемый им интерес к исследованию вопросов методологии и логики научного исследования.

Наиболее значительный вклад А. А. Малиновского в методологию системных исследований состоял в предложенной им и подробно разработанной классификации систем. Уже в первой кибернетической работе Александра Александровича «Типы управляющих биологических систем и их приспособительное значение» [1960 а] выделено «несколько типов биологических систем в связи с определенными условиями, в которых существуют живые организмы (например, постоянно и неожиданно меняющимися, меняющимися регулярно, устойчивыми), и с теми процессами, которые протекают в самих организмах (устойчивыми, циклическими, нарастающими и пр.)»¹⁵⁾. В связи с этим А. А. Малиновский пытается решить следующую задачу — «выяснить, какие системы более благоприятны для приспособления организма (или вида и т. д.) к тем или иным условиям или для выполнения необходимых для организма функций»¹⁶⁾.

В этой работе А. А. Малиновский предложил следующую классификацию систем:

1. Дискретные или корпускулярные системы, состоящие из ряда элементов, непосредственно почти не связанных друг с другом и легко вступающих между собой в любые комбинации.

2. Системы с фиксированными отношениями отдельных звеньев, в частности, характеризующиеся цепной последовательностью отдельных звеньев или «звездным» расположением их вокруг одного центрального звена.

3. Системы из двух или более взаимно влияющих (по типу обратной связи) звеньев при условии их взаимной стимуляции, взаимного торможения или «плюс—минус» взаимодействия и комбинация последнего типа с взаимно стимулирующим (или тормозящим)¹⁷⁾.

¹⁴⁾ С. 48–49 настоящего издания.

¹⁵⁾ С. 200 настоящего издания.

¹⁶⁾ Там же.

¹⁷⁾ См. с. 239 настоящего издания.

В дальнейшем, прежде всего в работах «Некоторые вопросы организации биологических систем» [1968 б], «Общие вопросы строения систем и их значение для биологии» [1970 в], «Теория структур и ее место в системном подходе» [1970 г], «Механизмы формирования целостности систем» [1973 а], «Эффективность некоторых типов полужестких систем» [1974 а], «Основные понятия и определения теории систем (в связи с приложением теории систем к биологии)» [1980 в] и других, А. А. Малиновский существенно развил и усовершенствовал предложенную им классификацию систем. Приведем очень важную цитату из работы [1974 а], которая содержит описание основных выделенных им типов систем:

«1. Дискретные (корпускулярные) системы состоят из более или менее эквивалентных элементов, характеризуются раздробленностью этих элементов, из взаимной относительной заменяемостью и аддитивностью в смысле влияния на свойства системы, способностью к отбору и свободной комбинаторике. Примерами систем этого типа служат: вид животных, где каждое животное более или менее эквивалентно любому другому животному того же вида, а увеличение численности животных увеличивает в общем устойчивость вида; однотипные рефлекторные реакции; любые однотипные образования в неорганической природе, начиная с однотипных молекул газа или жидкости.

2. Жесткие пассивные системы характеризуются такой структурой, при которой каждый элемент является необходимым и незаменимым. В связи с этим их эффективность (т. е. прочность, жизнеспособность, продуктивность или пригодность в каком-либо отношении) лимитируется относительно слабым элементом»¹⁸⁾.

Итоги своих исследований по системному кибернетическому анализу биологических явлений и процессов прекрасно подвел сам А. А. Малиновский:

«1. Применение теории систем аналогично применению математики не только благодаря абстрактному обобщенному характеру системных закономерностей, но и в том отношении, что в зависимости от поставленной задачи возможно рассмотрение одних и тех же объектов как систем разного типа (так же как при применении математических методов могут выбираться именно те количественные показатели, которые важны для решения данной проблемы).

2. Одной из важнейших задач теории систем является оценка эффективности различного типа систем, где под

¹⁸⁾ С. 152 настоящего издания.

критерием эффективности может разумеется как существующая, так и потенциальная функция системы. При этом эффективность системы всегда должна рассматриваться в определенном аспекте, в зависимости от поставленной задачи.

3. Предложенное ранее выделение крайних типов систем — жестких и дискретных — позволило сформулировать основные особенности эффективности таких систем. При рассмотрении эффективности вполне жестких систем необходимо учитывать, что она всегда зависит от относительно наиболее слабого звена, поскольку все звенья в таких системах взаимно незаменимы. Это очень упрощает оценку таких систем. Эффективность дискретных систем в простейших случаях зависит от качества и суммарного эффекта всех их элементов.

4. Большинство реальных систем относится к промежуточному типу, совмещающему подсистемы, элементы или особенности систем жесткого и дискретного типа. В частности, к ним относятся системы: 1) “гибридные” (с чередованием на разных уровнях жестких и дискретных); 2) “звездные” (в которых элементы связаны между собой через один центральный элемент); 3) “сетевые” (с частично незаменимыми элементами); 4) “гетерогенные” (совмещающие наличие незаменимых и взаимозаменяемых элементов), эффективность которых при известных условиях определяется одновременно всеми элементами. При увеличении или уменьшении показателей отдельных элементов такой системы они (элементы) могут стать активными или лимитирующими, а система из полужесткой перейти в тип жесткой пассивной или активной системы.

5. “Гетерогенные” системы являются одним из наиболее распространенных типов. Они широко представлены среди биологических, географических и других сложных объектов. Однако из-за их сложности определение их эффективности представляет известные трудности. В них, как и в жестких системах, имеются незаменимые элементы двух типов: 1) те, которые при их недостаточности лимитируют эффективность системы; 2) те, в которых (если система уже устойчива) даже один “активный” элемент может практически целиком определять эффективность системы, независимо от большей или меньшей суммы положительных заменимых элементов. Наряду с ними в гетерогенной системе имеются положительные взаимозаменяемые элементы, как в системе нежесткого типа.

6. Рассмотрение эффективности “гетерогенных” систем в зависимости от состояния незаменимых и заменимых элементов позволило наметить определенную последовательность ролей тех или иных элементов по мере их относительного количественного роста в системе.

Рост эффективности всей системы происходит сначала за счет роста того незаменимого элемента, который ограничивает ее, затем — за счет увеличения суммарного эффекта заменимых элементов (включая “избыточные” незаменимые), и, наконец, если имеется “активный” элемент в системе, — за счет возрастания его значения.

7. “Гетерогенные” полужесткие системы потенциально могут выступать как жесткие. По мере постепенного повышения уровня самого слабого звена такой системы она сначала выступает как вполне жесткая (пока хотя бы один незаменимый элемент лимитирует ее эффективность), затем — как система с взаимной компенсацией элементов (т. е. близкая к дискретной) и, наконец, если один из элементов достигает уровня активно определяющего, — как система жестко-активного типа.

8. Систематизация и конкретное дифференцированное изучение различного типа систем является ближайшей задачей теории систем, решение которой открывает возможности более широкого применения этой новой дисциплины¹⁹⁾.

Следует отметить еще одну область научных интересов А. А. Малиновского — его исследования по проблемам *философии и социологии научного творчества и науковедению*. Для того, чтобы оценить, что удалось Александру Александровичу сделать в этом направлении, мы рекомендуем читателям обратить внимание на публикуемые в разделе III настоящего сборника статьи «К вопросу о путях исследования условий творческого процесса» [1969 б] и «Наука об организации и организация науки» [1972 в].

* * *

В 1986 г. в связи с ухудшением состояния здоровья А. А. Малиновский ушел на пенсию, однако он продолжал активно работать. Так, в 1986 г. он опубликовал три научные работы: «Основные особенности генетических механизмов, эволюция и онтогенез» [1986 а], «Старость с точки зрения эволюциониста» [1986 б] и «Математика и теория систем в теоретической биологии» [1986 в], в 1987 г. вышла его во многом итоговая статья «Общая теория систем в биологии и медицине» [1987 а].

В 1988 и 1989 гг. А. А. Малиновский принял активное участие в подготовке переиздания «Тектологии» А. А. Богданова. Времена изменились, и богдановская «Всеобщая организационная наука» стала весьма актуальной. А. А. Малиновский как член редакционной коллегии этого издания и как блестящий

¹⁹⁾ С. 162–163 настоящего издания.

знаток содержания этой книги (во многом он ее буквально «выстрадал» и как сын А. А. Богданова, и как ученый) внес очень важный вклад в это новое, по существу четвертое издание «Всеобщей организационной науки». «Тектология» А. А. Богданова была опубликована в 1989 г. [1989 а] спустя шестьдесят лет после последнего ее издания, осуществленного при жизни автора.

В 1989 г. в журнале «International Journal of General Systems» была опубликована статья видного зарубежного специалиста по системным исследованиям Милана Зелены «О работах А. А. Малиновского по теории систем»²⁰⁾, в которой дана высокая оценка важнейшим работам А. А. Малиновского по методологии системных исследований, по кибернетике и тектологии.

В 1990 г. Указом Президента СССР М. С. Горбачева за особый вклад в сохранение и развитие генетики и селекции, подготовку высококвалифицированных научных кадров Александр Александрович Малиновский был награжден вместе с другими выдающимися генетиками Орденом Ленина. Зловещая ирония судьбы: в конце жизни научные заслуги А. А. Малиновского были отмечены правительством и государством высшим советским орденом, носящим имя человека, который очень много сделал для того, чтобы лишить его отца возможности заниматься политической деятельностью и подавить как личность.

Александр Александрович Малиновский скончался после тяжелой продолжительной болезни 16 апреля 1996. Некрологи на А. А. Малиновского были опубликованы в журнале «Вопросы философии» (1997, № 3) и в сборнике «Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1995–1996» (М., 1996).

Александр Александрович Малиновский был женат на Елене Дмитриевне Смирновой (1913–1989), многие годы работавшей доцентом на географическом факультете МГУ. В соавторстве с ней А. А. Малиновский написал ряд работ, одна из которых «Эффективность некоторых типов полужестких систем» [1974 а] публикуется в настоящем издании. Дочь Александра Александровича — Смирнова Наталья Александровна (род. в 1938 г.) — по специальности математик, окончила механико-математический факультет МГУ, сын — Малиновский Александр Александрович (род. в 1945 г.), окончил математический факультет ЛГУ.

Александр Александрович Малиновский многие годы вынашивал идею опубликовать обширную монографию с из-

²⁰⁾ *Zeleny Milan. On Systems Writings of A. A. Malinovskii // International Journal of General Systems. Vol. 15. P. 265–271.*

ложением полученных им основных результатов как в теоретической биологии, генетике и медицине, так и в разработке проблем философии и методологии науки. Несколько раз он приступал к осуществлению этого проекта, но подготовленные для монографии тексты очень быстро оказывались опубликованными в виде новых статей, и планируемая монография А. А. Малиновского, к сожалению, так и не вышла в свет. Мы надеемся, что настоящее издание в какой-то степени может восполнить этот пробел.

* * *

Работа над этой книгой потребовала значительно большего времени, чем мы предполагали. Мы хотим высказать признательность тем людям, которые много сделали для завершения этой работы.

Владимир Самойлович Клебанер, муж дочери Александра Александровича Малиновского Натальи Александровны Смирновой, выполнил поистине гигантский объем работы — он не только тщательно сверил весь текст книги с оригинальными публикациями работ Александра Александровича и внес необходимую правку, но также составил окончательный вариант списка трудов А. А. Малиновского и написал очень интересную статью «А. Богданов и А. А. Малиновский», которая публикуется в настоящем издании.

Мы благодарны семье Александра Александровича Малиновского за предоставленные фотографии и сыну А. А. Малиновского Александру Александровичу за выполненный им перевод на английский язык текста «Содержания» настоящей книги.

Огромный объем работы, связанный с вводом в компьютер текстов работ А. А. Малиновского, их первоначальной правкой и последующими исправлениями, был выполнен сотрудниками Института системного анализа РАН Еленой Андреевной Богомоловой, Татьяной Вячеславовной Никоновой и Наталией Сергеевной Смирновой. Большое им спасибо за эту работу. Мы хотим также выразить благодарность Владимиру Владиславовичу Келле и Константину Александровичу Томилину за неоценимую помощь в подготовке этого издания.

И, наконец, наша глубокая признательность коллективу издательства «Эдиториал УРСС» за высокое качество выпущенной им книги.

*В. В. Бабков,
В. Н. Садовский*

А. А. МАЛИНОВСКИЙ В УКРАИНСКОМ НИИ ГЛАЗНЫХ БОЛЕЗНЕЙ И ТКАНЕВОЙ ТЕРАПИИ ИМЕИИ АКАДЕМИКА В. П. ФИЛАТОВА (1951—1965)

А. А. Малиновский приехал в Одессу весной 1951 г. по вызову академика В. П. Филатова для переговоров по вопросу о работе. По договоренности Александр Александрович был зачислен на должность заведующего лабораторным сектором института. Поселился в доме у Владимира Петровича, где жил до 1953 г., когда было закончено строительство жилого дома для научных сотрудников института, и Александр Александрович получил комнату в коммунальной квартире. Семья оставалась в Москве, что вызывало постоянную озабоченность Александра Александровича, беспокойство и учащающиеся со временем поездки в Москву.

Александр Александрович сразу стал активным помощником В. П. Филатова по научным и административным вопросам. Широкая эрудиция Александра Александровича в различных областях биологии во многом способствовала защите теоретических положений учения В. П. Филатова о биогенных стимуляторах от нападок недоброжелательных оппонентов (А. М. Заблудовского, Р. Е. Румянцева и других). Позже и сам Александр Александрович занялся экспериментальными исследованиями по влиянию тканевых препаратов на процессы возбуждения и торможения в центральной нервной системе.

Много сил отдал Александр Александрович обучению научных сотрудников и врачей математическим методам оценки полученных данных и внедрению их в офтальмологию. Практическим выходом стало, в частности, обязательное использование статистических методов обработки результатов исследований, чего ранее не было.

Научные интересы Александра Александровича включали также общую теорию систем. Здесь он стремился к дальней-

шему развитию созданной его отцом А. А. Богдановым всеобщей науки об организации — тектологии. А. А. Богданов-Малиновский (1873—1928) был исключительно разносторонним человеком: политическим деятелем, философом, писателем — фантастом, медиком, известным как основатель в Москве первого в мире Института переливания крови. Своей работой: «Тектология. Всеобщая организационная наука» А. А. Богданов предвосхитил многие идеи кибернетики и общей теории систем. Развитие последних шло в нашей стране, как известно, очень трудным, тернистым путем. Александру Александровичу Малиновскому этот путь уже был знаком по собственному опыту.

Работы А. А. Малиновского по математическим методам в биологии и системному анализу, написанные в Одессе («Обратные связи в биологических, в частности, в патологических системах» [1959 а, 1960 г]; «Значение качественного изучения управляющих систем для теоретических вопросов биологии» [1961 б] и другие), печатались в сборниках Ленинградского государственного университета.

Из проблем, разрабатываемых в институте им. В. П. Филатова, Александр Александрович Малиновский остановился на проблеме рефракции глаза. Он был организатором и руководителем лаборатории оптических функций глаза.

Его работы по близорукости отличались новизной, глубоким использованием идей системного подхода, заложили основу для последующей разработки целого ряда направлений в изучении этиологии и патогенеза близорукости. Эти работы носили комплексный характер — клинические исследования сочетались с оригинальными экспериментальными разработками.

Вопросы патогенеза близорукости изучались А. А. Малиновским в связи с анатомо-физиологическими показателями, в частности, с состоянием соединительнотканной системы организма, что позволило выявить прямую корреляционную зависимость усиления рефракции от ряда нарушений общего состояния организма человека и животных. Наряду с этим проводилось изучение распространенности близорукости в зависимости от некоторых генетических и географических факторов.

На основании изучения наследования предрасположенности к ослаблению соединительнотканной оболочки глаза и развитию близорукости Александром Александровичем было введено понятие «группы риска», позволившее разработать систему профилактических мер, способствующих предупреждению этого процесса у детей и подростков.

Анализ географического распространения близорукости в различных регионах позволил установить четкую зависимость его от характера почв и питьевой воды. Эти исследования легли в основу комплекса работ по выяснению связи между частотой близорукости среди школьников в различных областях и регионах Украины и содержанием отдельных микроэлементов в составе почвы. Добрым другом Александра Александровича и его ближайшей помощницей в работе по проблеме миопии была Варвара Васильевна Скородинская-Филатова — опытный офтальмолог — клиницист, большой энтузиаст и единомышленник. А. А. Малиновским и В. В. Скородинской-Филатовой была издана научно-популярная книга «Близорукость» [1960 в].

Александр Александрович был необыкновенным человеком. Широта души, сердечная доброта, особая снисходительность к людским недостаткам, умение понять и простить. При этом он не отличался прекраснородушием, нет, он умел воевать и воевал, бичуя истинные пороки, особенно если они вредили делу врачевания людей. С убежденностью талантливого ученого он отстаивал свои взгляды в офтальмологии. Не одно копье было сломано Александром Александровичем в научных устных и печатных дискуссиях. Здесь он не знал пощады.

Александр Александрович был наделен великолепным талантом дружбы. Как он преданно любил друзей, которых вокруг него было очень много! Он притягивал к себе сердца не только необыкновенной научной эрудицией, широтой и глубиной познаний в разных областях медицины и биологии, но и личными качествами. Все, кто узнавали его ближе, попадали под обаяние ума, остроумия, доброты, необыкновенной доброжелательности к окружающим. И еще одно редкое качество: не было для Александра Александровича «высших и низших», ровно относился он и к директору института и к больной санитарке, проходившей к нему за советами.

Сотрудники Александра Александровича, широкий круг друзей после отъезда его из Одессы в Москву в 1965 г. продолжали ощущать его присутствие, о нем то и дело вспоминали.

Глубокий след оставил Александр Александрович в людях, знавших его. Он был настоящим учителем добра, чистоты.

Многими дружба с ним, сотрудничество ощущалось и ощущается до сих пор как милость судьбы, как подарок.

*Л. С. Жолнерович, И. С. Збандут,
Л. П. Ивченко, О. П. Копп*

А. БОГДАНОВ И А. А. МАЛИНОВСКИЙ*



А. Богданов с сыном. Париж, 1913

Традиционно отношения между великим человеком и его сыном оцениваются прежде всего с точки зрения влияния, оказанного первым на второго. Это естественно и для рассматриваемого нами случая, ибо можно без всяких натяжек сказать, что Богданов сыграл огромную, ни с кем не сравнимую роль в жизни своего сына. Может быть, несколько странным поэтому покажется следующий вопрос: а какую роль сыграл А. А. Малиновский в жизни своего великого отца? Особенно, если учесть, что его возраст при жизни Богданова не достиг еще 19 лет, жил он все эти годы отдельно от отца, а до переезда вместе с матерью¹⁾ в 1914 г. в Россию — в разных городах

и даже странах. Да и что такое мог совершить сын до 18 лет, что оказало бы заметное влияние на его отца?

Все это так, и все же...

Вспомним, как складывалась жизнь Богданова до 1909 г., в 1909 г. и после него. Без преувеличения можно сказать,

* Основной целью данной публикации является освещение малоизвестных фактов, связанных с личным общением между отцом и сыном, отраженных главным образом в неопубликованных материалах архива А. А. Малиновского и записях его устных рассказов. — *Прим. автора.*

¹⁾ Мать Александра Александровича Анфуса Ивановна Смирнова — революционерка, прошедшая тюрьму и ссылку, познакомилась с Богдановым в 1903 г. в Вологде.

что 1909 г. стал в судьбе Богданова переломным. Начиная с 1897 г. (когда вышла в свет первая его печатная работа — «Краткий курс экономической науки», сразу принесшая огромный успех), в течение 12 лет известность и влияние Богданова непрерывно возрастают, он — один из ведущих лидеров российской социал-демократии и один из вождей-основателей большевистской фракции (член ЦК партии и Большевистского центра), мыслитель и писатель, приобретающий уже европейскую известность. В 1909 г. кажется, что сбывается, наконец, его давняя мечта: на острове Капри при участии М. Горького организуется партийная рабочая школа. Вокруг Богданова группируется интеллектуальный цвет партии и сочувствующей ей интеллигенции.

И вдруг непрерывно следуют удар за ударом, так, словно провидение силою хочет вырвать Богданова из политики и вернуть его к подлинному призванию — философии и науке. Увы, он не мог тогда воспринимать это так. Каждый удар был страшно болезненным, ведь наносили его не «враги», а вчерашние *товарищи* (надо учитывать, что означало для Богданова это слово).

Первый удар почти совпал по времени с рождением сына: летом 1909 г. Богданов вместе с Л. Б. Красиным выводятся из Большевистского центра, их места в партийном триумvirате рядом с Лениным занимают отныне Г. Е. Зиновьев и Л. Б. Каменев (последний — ученик и протеже Богданова, предавший его). Вскоре ленинцы развязывают пропагандистскую кампанию против школы на Капри и параллельно — тайную деятельность по ее разложению изнутри. В конечном счете им удается добиться определенных результатов.

В начале 1910 г. при слиянии фракций большевиков и меньшевиков Богданова выводят из ЦК партии, в результате он и его соратники лишаются финансовой поддержки. Это впоследствии становится одной из причин конфликта внутри созданной Богдановым группы «Вперед», которую он, в результате, вынужден был покинуть. Но и этого мало — далее следует разрыв с Горьким, поведение которого Богданов квалифицирует как «предательство» (эту оценку он и впоследствии не меняет). Теперь единственным политическим полем для него остается партийная печать, но к 1913 г. Ленин и Зиновьев практически закрывают для него возможность публиковаться в рабочей прессе. При этом необходимо учитывать, что попытка вернуться в Россию означала для Богданова тюрьму по обвинениям, выдвинутым после 1905 г.

Созданы, казалось, все условия для духовного самоубийства. Внешне Богданов не теряет лица, но чего ему все это стоит! Следы отчаяния прорываются лишь в его сохра-

нившихся личных письмах: «люди ходят вниз головой...», «грязь на улицах и в душах людей...» и т. д. А ведь он еще далеко не все знал (например, что тому заседанию Больше-вистского центра летом 1909 г., когда он и Красин были исключены из созданной пять лет назад Лениным и ими партии, предшествовало, так сказать, в порядке репетиции, тайное совещание, на котором присутствовали все кроме «богдановцев» и колеблющихся)!

Мало кто знал, что Богданов был очень раним: он переживал почти все неприятности внутри себя (по рассказам А. А. Малиновского со слов жены Богданова Натальи Богдановны Богдановой-Малиновской (1865—1945), лишь трижды за 33 года совместной жизни она видела своего мужа вышедшим из себя, при этом никогда — в ее адрес, но всегда — по политическим, точнее, если можно так выразиться, по «политико-нравственным» мотивам).

Результаты высококвалифицированной травли скоро дают себя знать. В 1912—1913 гг. состояние здоровья Богданова, которому не было еще 40 лет, до того вполне хорошее, резко ухудшается: он начинает страдать сердечными припадками, имевшими большое сходство с грудной жабой.

Для понимания дальнейшего необходимо вернуться к более ранним событиям.

Сложилось так, что семья Богдановых оказалась бездетной: в 1896 г., когда они жили в Туле, у них родился сын, роды были трудные, больной ребенок прожил меньше двух месяцев, а Наталья Богдановна больше не могла иметь детей.

12 июля 1909 г. Богданов стал отцом. Можно понять, что означала для него (и для Натальи Богдановны) хрупкая жизнь «Котика» (так он сразу был назван, поскольку с тульских времен Богданов среди близких именовался «Котом», даже письма подписывал иногда одной буквой — «К»).

Из семейных источников известно, что Богдановы однажды (время неизвестно), всерьез обсуждали возможность совместного самоубийства. Да, но можно ли уйти, бросив без средств существования очень слабого в первые годы жизни ребенка и тяжелобольную мать (у А. И. Смирновой был туберкулез в открытой форме)?

Ответом Богданова на удары судьбы стала концентрация на обобщении и развитии давно возникшей у него идеи создания новой науки, исследующей всеобщие принципы организации, которая могла бы стать могучим орудием в руках победившего пролетариата. Так, в какой-то мере силою обстоятельств, для Богданова были созданы условия, когда он мог, наконец, обосновать и сформулировать то,

о чем можно было думать лишь урывками, когда на миг затихала политическая борьба.

В октябре 1913 г., воспользовавшись амнистией в связи с 300-летием династии Романовых, Богданов возвращается в Россию, но, как только началась Первая мировая война, он тут же призывается в качестве военного врача и освобождается от службы в армии (но не от военной службы — полная демобилизация наступает только в 1918 г.) лишь через год в связи с серьезным заболеванием — функциональным расстройством нервной системы на почве переутомления, которое потребовало трехмесячного пребывания в клинике.

В конце 1915 г., после возвращения Богданова с фронта, в Барнауле, где она жила вместе с сыном в семье своей сестры, умирает Анфуса Ивановна Смирнова. Вот отрывок из письма Богданова от 6 декабря 1915 г.: «Тетенька²⁾ едва ли не безнадежно больна: она вызвала к себе телеграммой Лидию Павловну³⁾, что означает последнюю крайность, — вызвала, чтобы та увезла Котика от нее. В телеграмме говорится: “безнадежно”. Боюсь, что она уже умерла... Ей жилось уже очень тяжело. Но страшно жаль Котика...»

Лидия Павловна возвращается вместе с Котиком в Москву. С этого момента до 1928 г. (год смерти А. Богданова) различные документы (некоторые из которых цитируются далее) свидетельствуют о том, что Богданов постоянно находится в курсе состояния здоровья, развития, потребностей своего сына и его воспитательницы. Это могло быть возможно только при условии постоянных контактов, встреч, внимания с его стороны. И это при огромной работе, выполняемой Богдановым, и при тяжелейших условиях жизни в те годы. На нем лежало не только финансовое обеспечение теперь уже большой семьи, но и необходимость «достать» и доставить нужные продукты и вещи.

Судя по сохранившимся письмам Богданова, по-видимому до 1922 г., когда ему исполнилось 13 лет, Саша Малиновский не бывал у отца и Натальи Богдановны. Это значит, что Богданов регулярно совершал путь (конечно, в основном пешком и не с пустыми руками) из района Знаменки, где он тогда жил и работал (в Социалистической, а затем — Коммунистической Академии) на Пресню, где жили Лидия Павловна, ее сестра и Котик.

²⁾ Одна из партийных кличек А. И. Смирновой.

³⁾ Лидия Павловна Павлова — революционерка, подруга Анфусы Ивановны Смирновой, по договоренности с ней впоследствии воспитательница А. А. Малиновского.

Мы располагаем свидетельством Д. А. Кашинцева об одной встрече с Богдановым: «Случай произошел в одном из жестоких голодных годов, 19-м или 20-м. Москва, конец зимы, вечерет, полумертвые улицы с черными хребтами из черного снега вдоль тротуаров и трамвайных путей. На углу Мясницкой и бульваров вижу серую — кажется, в солдатской шинели, — невзрачную, “как все”, фигуру, бодро волочащую на санях обычную в те годы кладь — трехпудовый мешок с картофелем. Это был А. А. “Эге, — подумал я, — крупный философ, член Комакадемии — и такое “становление” жизни... Простота античная”.

Поперек шла женщина с ребенком на руках. Путь ее лежал через трамвайную ложбину с ледяными обрывами. Женщина задержалась, сделала попытку спуститься, но неудачно — едва не уронила ребенка. А. А. оставил свои санки с месячным запасом корма, подошел к женщине, осторожно взял из ее рук живой груз..., помог самой преодолеть препятствие и вручил ребенка обратно. Затем впрягся в сани и продолжал свой путь»⁴).

Естественно предположить, что как минимум часть этого груза предназначалась сыну и его воспитательнице.

Продолжим летопись свидетельств Богданова о сыне, содержащихся в его письмах.

«Котик здоров, 1 сентября возвращается из колонии⁵)...» (22 августа 1920 г.).

«Большое спасибо за игрушку Котика: лучше нельзя было и придумать. Мерку его ботинок я послал; не знаю, дошла ли... Ботинки, присланные для Л[идии] П[авловны], были ей точно впору, но она их отдала...» (19 ноября 1920 г.).

«Ботинки для Котика получил, большое спасибо...» (1920 г., дата не указана).

«От Котика и Л. П. Вам самая горячая благодарность. Л. П. писала Вам раза 3–4, да, видно, письма на доходили...» (31 декабря 1920 г.).

«Калоши для Лидии Павловны получил...» (28 января 1921 г.) и т. д.

Пока шла гражданская война, о Богданове наверху как бы забыли, но стоило затихнуть грозам, как пристальное внимание Ленина привлекла его активность в Пролеткульте и, главное, определенный международный резонанс, который получила идея Богданова о создании интернационала пролетарской культуры (особенно после его командировки

⁴ Кашинцев Д. А. Житейский штрих // Труды комиссии по научному наследию А. А. Богданова. М.: Институт экономики РАН. 1992. С. 225.

⁵ “Колония” — воспитательно-оздоровительный детский лагерь.

в Англию в конце 1921 г.). Уже в 1920 г. Ленин дает указание о срочном переиздании «Материализма и эмпириокритицизма», в приложении к которому публикуется статья В. И. Невского «Диалектический материализм и философия мертвой реакции». В своем предисловии к книге Ленин, признавая, что он не читал последних работ Богданова, тем не менее солидаризируется с тезисом Невского, что «под видом пролетарской культуры проводятся Богдановым буржуазные и реакционные воззрения». Затем разворачивается мощная пропагандистская кампания, которую венчает ничем не обоснованное, но крайне неприятное в те времена, обвинение в «меньшевизме», за которым обычно рано или поздно следовал арест.

В отсутствие заболевшего Ленина, давшего первый сигнал, кампанией травли Богданова дирижирует Я. А. Яковлев — в 1920 г. член Главполитпросвета, затем — заместитель заведующего отделом агитации и пропаганды ЦК партии и, наконец, заведующий отделом печати ЦК.

Чтобы спасти Пролеткульт, Богданов выходит из состава его руководства, но это не помогает. Деятельность Яковлева увенчивается арестом Богданова в сентябре 1923 г. и пятидневным пребыванием его во внутренней тюрьме ГПУ на Лубянке. После вмешательства Ф. Э. Дзержинского и, возможно, кого-то из еще более высоких партийных функционеров он освобождается, но остается как бы «скомпрометированным». Богданов по-прежнему член Комакадемии, но его лишают академического пайка.

Здоровье Богданова подорвано, он вынужден прекратить выступления с лекциями, сократить нагрузку и постепенно все более концентрируется на решении проблем переливания крови⁶⁾.

В письмах Богданова за этот период на удивление (если учитывать происходящие события) ровное и спокойное настроение, и причиной этого было, возможно, все большее место, которое занимает в его жизни сын. Вот несколько отрывков из этих писем.

1922 г., дата неизвестна (после 14 июля): «Котик здоров, учится, вырос умственно, стал, поэтому, приятнее в отношениях к людям. Уменьшился ли эгоизм его, не знаю; но проявляет он его меньше...».

⁶⁾ Что касается Я. А. Яковлева, то он впоследствии становится видным партийным «специалистом» по аграрным вопросам, возглавляет Наркомзем СССР (1929—1934 гг.) и в этом качестве выступает как один из первых влиятельных покровителей Т. Д. Лысенко и, следовательно, — критиков генетики и генетиков. Таким образом, внеся свою лепту в судьбу Богданова, Яковлев создает позднее соответствующие условия и для его сына.

3 сентября 1922 г.: «Котик переходит в другую гимназию, где учится его друг Коля⁷⁾. Вчера Котик держал для этого последний экзамен и уехал до 15-го опять в колонию. Очень он там хорошо поправляется. Заявлял он Л. П.: “Хочу жить с папой. К тебе буду часто приходить, не плачь”. Но, побывав у нас и выяснив обстановку, повидимому от этой мысли отказался — мне уже не говорил».

Богданов очень сдержанно сообщает о последнем переходном экзамене своего тринадцатилетнего сына, он скрывает гордость, вызванную тем, как проходил этот экзамен по математике: Саша Малиновский продемонстрировал такие математические способности, особенно в решении задач, требующих пространственного воображения, что на экзамен понаблюдать это чудо сбежалась толпа преподавателей и учеников.

Что касается стремления Котика жить с отцом, то оно поддерживалось Натальей Богдановной, а противниками были: Лидия Павловна и... Богданов. Когда, наконец, сын прямо обратился к нему с вопросом, почему он против, то получил примерно такой ответ: «Во-первых, ты будешь мешать мне работать, а во-вторых, я буду подавлять тебя, ты не сможешь рядом со мной независимо развиваться».

11 октября 1922 г.: «Котик здоров, растет. Лидия Павловна все как-то болеет. Надо полагать, плохое сердце (были ревматизмы)...».

27 февраля 1923 г.: «Котик здоров, очень Вам благодарен за заботы, сам пишет Вам».

14 октября 1923 г. (после тюрьмы): «Сегодня получил от Вас лекарства и краски для Котика... Котик растет, развивается, становится умнее, от этого, надо полагать, станет и лучше. Вам он хочет послать свою картину, исполненную масляными красками... Привет Вам от Котика и Л. П. Она здорова, работает на выставке очень долго, с утра до позднего вечера, но скоро это кончится».

4 ноября 1923 г.: «Котик здоров, к моим приключениям отнесся вполне философски. Он становится все умнее. Лидия Павловна теперь без работы, но это не важно — ей даже очень надо отдохнуть несколько месяцев».

Из этого письма очевидно, что заработная плата Лидии Павловны не имела серьезного значения для семьи. Но важно не это, важен новый уровень общения с четырнадцатилетним сыном, от него не скрывают «приключения» (так Богданов обозначает свое пребывание в тюрьме, в других письмах

⁷⁾ Николай Попов — впоследствии известный альпинист, талантливый инженер-изобретатель, в течение всей жизни — друг А. А. Малиновского.

искусный конспиратор называет это «длительной командировкой») и его обстоятельств, в ответ — явно восхищающая Богданова спокойная и разумная реакция.

28 ноября 1923 г.: «Котик растет, становится все умнее. У него обнаружили, сверх ожидания, и аналитические способности, даже в смысле математики — находит остроумные, хотя и неверные иногда, доказательства теорем. Но все еще ленив».

20 июля 1925 г.: «Котик здоров, еще вырос, стал заметно самоувереннее... Сегодня едет один в Ильинку на Волге, — из чего Вы можете видеть, что он мог бы поехать один и в Крым, но, будучи по наследственности консерватором, предпочитает знакомые места...».

Итак, ребенок вырос, перед нами уже почти взрослый человек, напоминающий чем-то Богданову его самого: утверждая, что Саша по наследственности консерватор, он, очевидно, имеет в виду *свою* наследственность, но восхищается особенно теми способностями сына, которыми тот превосходит отца (прежде всего — математическими).

В следующем году и отец, и сын сменили свой статус: Богданов возглавляет созданный им первый в мире Институт переливания крови (это становится возможным в связи с удалением из руководства партии Зиновьева и Каменева и временным возрастанием политического веса Бухарина) и с головой уходит в организационную и научную работу; Александр Малиновский становится студентом медицинского факультета МГУ (поступить ему туда как сыну «служащего» — в условиях больших льгот для детей рабочих и крестьян — было непросто).

Может быть, именно в связи со сменой статусов в этот период несколько уменьшается объем информации о контактах между отцом и сыном. Тем не менее, мы знаем, например, что в Институте переливания крови Александру Малиновскому было произведено тогда обменное переливание крови, после которого, по его словам, он испытал значительное улучшение состояния здоровья.

Между тем, положение в Институте беспартийного директора оказалось сложным (недаром, видимо, Сталин в беседе при назначении его на этот пост сделал Богданову предложение о восстановлении в партии, которое было вежливо отклонено). Не только секретарь партийной ячейки, но и сменявшиеся заместители директора, назначаемые не Богдановым, будучи коммунистами, самостоятельно, не ставя в известность директора, принимали решения, набирали «соответствующие» кадры, издавали нелепые приказы и т. п.

В конце января 1928 г. Богданов, доведенный веем этим до предела, готовит письмо (докладную записку) на имя

Сталина, Бухарина и Семашко (нарком здравоохранения). В этой записке, описав «деятельность» представителей партийной прослойки Института, Богданов заявлял о невозможности в таких условиях его дальнейшей работы на посту директора. Однако, видимо, содержание письма дошло до адресатов до его отправления, и ими были приняты определенные меры, так как на готовой к отправлению докладной записке появилась надпись Богданова: «Не подано официально ввиду изменившихся условий».

К этому времени Богданов уже принял участие в 11 обменных переливаниях крови. Состоявшееся через два месяца 12-е оказалось роковым.

История этого трагического события зафиксирована в опубликованных непосредственно после смерти Богданова воспоминаниях врачей, сотрудников Института, а также в хранящихся в архиве А. А. Малиновского неопубликованных письмах двух студентов, один из которых стал участником обменного переливания крови с А. Богдановым. Вкратце история эта такова.

Во второй половине марта 1928 г. несколько студентов МГУ, ознакомившись с опубликованной в «Вечерней Москве» статьей Богданова о пользе переливания крови, решили попробовать это на себе, чтобы лучше подготовиться к весенней сессии. В результате проведенного в Институте обследования их число сократилось до двух. Однако более серьезное обследование выявило у одного из них (Л. Колдомасова) рецидивы малярии и, главное, туберкулезный процесс в верхушках легких. Директор Института принял студентов и объяснил им опасность (для второго студента К. Сазонова) проведения между ними обменного переливания крови, после чего вопрос, казалось, был закрыт.

Однако, на другой день курьер из Института переливания крови вручил Колдомасову приглашение вновь посетить директора. Когда тот явился, Богданов, по его воспоминаниям, заявил, что рецидивирующая малярия вообще не является серьезным препятствием, а против туберкулеза у него (Богданова) имеется стойкий иммунитет, в связи с чем обменное переливание крови между ним и Колдомасовым не только не опасно для него, но и может привести к переходу иммунитета к Колдомасову.

24 марта 1928 г. операция была проведена. Оба ее участника довольно скоро почувствовали себя очень плохо. Как рассказывал А. А. Малиновский (со слов Н. Б. Богдановой), Богданов сразу дал указание оказывать Колдомасову всю возможную помощь, а в отношении его ограничиться пока тщательным наблюдением и фиксировать все изменения, так

как это может иметь серьезное научное значение. В результате, через несколько дней состояние Колдомасова улучшилось (тем не менее для него было признано необходимым длительное лечение и отдых в санатории), состояние же Богданова весьма авторитетным консилиумом было признано безнадежным. Наблюдавший Богданова выдающийся терапевт профессор М. П. Кончаловский писал: «Мне в первый раз в жизни пришлось видеть такое мужество и такое стоическое спокойствие перед лицом смерти. Он непрерывно занимался самонаблюдением и тщательно анализировал симптомы болезни до самого момента, пока не потухло сознание»⁸).

7 апреля 1928 г. Богданов скончался. С тех пор высказывались различные версии причин его смерти, в их числе фигурировали и убийство (отравление) и даже самоубийство. Последнее предположение лишено каких-либо оснований, прежде всего психологических. Не говоря уже об отсутствии конкретных причин, такой уход из жизни означал бы дискредитацию самого метода переливания крови, что для Богданова было абсолютно исключено. Версия убийства также не имеет серьезных оснований.

В настоящее время наиболее вероятной причиной смерти Богданова считается несовместимость крови участников переливания по резус-фактору (неизвестный в то время фактор, выявленный и описанный впервые 12 лет спустя), осложненная для Богданова его возрастом, состоянием здоровья и многочисленными предшествовавшими переливаниями крови⁹).

И все же принятое Богдановым решение оставляет ряд вопросов без ответа. Знал ли он о состоянии своего здоровья? Знал ли об опасности многократных переливаний крови? Почему он ни с кем не проконсультировался и сам принял роковое решение? Чем объяснить паузу между отказом от переливания крови между двумя студентами и приглашением Колдомасова? И, наконец, какие основания были у Богданова для уверенности в наличии у него стойкого иммунитета к туберкулезу?

Безусловно, Богданов знал о состоянии своего здоровья. Он был переутомлен, уже три года не использовал отпуск, страдал расширением аорты, атеросклерозом, возможно, миокардитом, в феврале 1928 г. после нескольких приступов был прооперирован по поводу гнойного аппендицита и т. д.

⁸ Кончаловский М. П. Болезнь и смерть А. А. Богданова // На новом поле. Труды Государственного научного института переливания крови им. А. А. Богданова. Т. 1. М., 1928. С. XII.

⁹ См. *Huestis Douglas W. The Life and Death of Alexander Bogdanov, Physician // Journal of Medical Biography. 1996. Vol. 4. P. 141–147.*

Все это говорит лишь о том, что он считал предстоящую операцию настолько важной, что решил многим пренебречь.

Богданов знал также (об этом свидетельствует одно из сохранившихся писем, полученных им) о том, что ряд зарубежных специалистов в области гематологии считают опасными многократные переливания крови, один из них, например, называл в качестве предельной цифры 14 переливаний. Сегодня такую опасность связывают конкретно с возрастанием в организме количества антител. Можно предполагать, что в то время эти опасения базировались на каких-то статистических данных. Богданов не принимал их на веру, но должен был в какой-то степени учитывать.

Богданов ни с кем не консультировался, возможно, в связи с тем, что при имеющемся для него риске, считал необходимым принять всю ответственность на себя.

Что касается паузы во времени, то она свидетельствует о том, что Богданов сознавал степень риска и взвешивал ее, но важность поставленной цели перевесила риск. Какой была эта цель, в принципе ясно: провести эксперимент по передаче иммунитета против одного из самых массовых и страшных заболеваний, к тому же являющегося бичом бедных, обездоленных, что соответствовало социальным приоритетам Богданова.

Уверенность Богданова в наличии у него стойкого иммунитета к туберкулезу могла основываться на том, что близкое общение с А. И. Смирновой не вызвало никаких последствий для его здоровья. Но еще более убедительным аргументом было для него, очевидно, состояние здоровья сына. Выношенный тяжелобольной матерью, живший рядом с ней до самой ее смерти от туберкулеза, хилый ребенок превратился в хорошо физически и интеллектуально развитого юношу. Чем, кроме передачи ему по наследству отцовского иммунитета, можно было это объяснить? Возможно, так и рассуждал Богданов, считая встречу свою с Колдомасовым даром судьбы, позволяющим, без всякого риска, а может быть, и с пользой для последнего, проверить правильность своих предположений...

После катастрофы, разразившейся 7 апреля 1928 г., Александр Малиновский перенес тяжелое нервное заболевание. Вскоре, по просьбе Натальи Богдановны, он переехал к ней — в жилое помещение, расположенное в Институте переливания крови. Впоследствии, когда Наталье Богдановне была предоставлена отдельная квартира, вместе с ней там поселилась и семья А. А. Малиновского. Все это время он навещал Лидию Павловну.

Наталья Богдановна до последнего дня продолжала работать в Институте переливания крови. И когда Александр Александрович служил в прифронтовом госпитале (1941—1942 гг.), а его жена и дочь находились в эвакуации, она не покинула Москву и Институт. Наталья Богдановна умерла в марте 1945 г. после инсульта, который настиг ее ранним утром на ступеньках входа в Институт: она шла на работу.

Лидия Павловна нянчила сына своего воспитанника, приходила сидеть с детьми, когда они болели. Александр Александрович продолжал навещать ее до своего отъезда в Одессу в 1951 г. В следующем году Лидия Павловна тяжело заболела. Очевидцы рассказывали, что она как будто длила свою жизнь, дожидаясь приезда Александра Александровича, а дождавшись и повидав его, скоро рассталась с жизнью. Это случилось в июле 1952 г.

Александр Александрович считал Лидию Павловну самым добрым человеком на свете. Ничьи слова не действовали на него так, как ее. Если он поступал нехорошо, она никогда его не ругала, а только тихо говорила: «Ах, Котик, как ты меня огорчил!» И это действовало сильнее чего бы то ни было.

Самым выдающимся человеком из тех, кого он знал (а знал он многих выдающихся людей), Александр Александрович считал своего отца. Он восхищался им как мыслителем, борцом, человеком. С годами он все больше подчеркивал доброту отца, и, наконец, стал называть ее главной чертой личности Богданова, относя его к числу самых добрых людей. Вообще он все выше ценил в людях доброту, объясняя ее важность и для разработки самых выдающихся научных достижений, особенно, по его мнению, это касалось создания обобщающих научных теорий.

Главной целью своей жизни Александр Александрович считал развитие и продвижение в жизнь идей Богданова, восстановление его доброго имени. И он очень многое для этого сделал. Не меньшее влияние, чем идеи отца, оказала на Малиновского его личность. Внешне Богданов как будто не занимался специально воспитанием своего сына, но общаясь с ним, ненавязчиво и незаметно, не посягая на его самостоятельность, несомненно воздействовал на развитие сына. Богданов никогда не подчеркивал, что значил для него сын, но очевидно, что это была для него та светлая точка, которая не только привязывала его к жизни, но и помогала выносить, казалось, невыносимое, а порой вознаграждала радостями, неведомыми ранее этому суровому подвижнику Идеи.

* * *

Перед читателем — сборник работ Александра Александровича Малиновского. Вступительные статьи призваны дать представление об авторе и как об ученом, и как о человеке. Последнее очень существенно не только само по себе, но и для восприятия его творчества. Иногда автор «тайно» присутствует в своих работах: таков, например, «биолог», неожиданно решивший неразрешимую, казалось, математическую задачу («К вопросу о путях исследования творческого процесса» [1969 б]) или «врач М.» и просто «врач» в замечательной, по-прежнему актуальной статье «Роль обратных связей и системных изменений в развитии аутистического мышления шизофреников и шизоидов» [1977 а]. Малиновский-человек особенно осязаем в его научно-популярных работах, выступлениях, интервью, а также в исследованиях проблем творчества, в том числе и художественного (см., например, «Механизмы формирования целостности систем» [1973 а]). Возможно, это связано с тем, что ему самому, как и его отцу, не было чуждо художественное творчество.

Мы сочли полезным представить читателю несколько стихотворений Александра Александровича Малиновского, которые никогда ранее не публиковались.

В этих абсолютно искренних стихах, предназначавшихся для себя и самых близких людей, он предстает таким, каким был в разные периоды своей большой жизни.

Под текстами стихов воспроизводятся надписи, сделанные рукой их автора.

Первые три стихотворения связаны со смертью А. Богданова.

* * *

Я выпью из рога вселенского горя
 За солнце, за землю, за синее море.
 За счастье, веселье, за юную нежность
 До дна изопью я его безнадежность.

За парус, белеющий в вольном просторе,
 За бури, за грозы, за тихие зори.
 За реки, озера, дубы вековые
 И гор неподвижных верха снеговые.

Я выпью за славу, за помысел чистый,
 За радость, улыбку, за смех серебристый,
 За отдых, прохладу и полдень палящий,
 За луг зеленеющий, тёмные чащи,

За грохот потока в ущелье нестройный,
За тихую заводь на речке спокойной,
За все, что красиво, и что некрасиво,
Любовь, состраданье и гнев справедливый.

Я выпью за злого и доброго вместе,
За тех, кто прощает, за жаждущих мести...
Из темного рога вселенского горя
Я выпью за солнце, за землю и море.

Москва, конец апреля 1928 г.

Я решил

Я решил. Мне дороги открыты,
Парус поднят, рука на руле.
То, что было, — надолго забыто,
То, что будет, — пока что во мгле.

Путь далский мис, правда, достался
В ту страну, где никто не бывал,
Сзади берег родимый остался,
Об ином где я часто мечтал.

Впереди же туманы и бури,
Лишь они на пути мне важны,
Зелень острова, свежесть лазури
Мне до новой страны не нужны.

Их в душе затаю я глубоко, —
Где бы ни был я, — будут со мной.
Но до цели, желанной, далёкой,
Я не должен увлечься мечтой.

Лишь вступивши на берег заветный
Или в бурю, в предсмертный мой час
Мне путь силы открывших запретный
Вновь как прежде увижу я Вас.

Вновь узнаю я свежесть лазури,
Вновь увижу я зелень, песок...
Но теперь — мне важны только бури,
Верность курса и крепость досок.

Я решил. Мне дорога открыта,
Парус поднят. Рука на руле.
То, что было, — отныне забыто,
То, что будет, — пока что во мгле.

Москва 29/V 1928 г.

*(вскоре после смерти моего папы —
А. А. Богданова-Малиновского,
который умер 7/IV 1928 г.)*

* * *

Я как путник, забредший далёко,
 Заплутавшийся в месте чужом,
 В этот мир я попал одиноким,
 Потерявши родимый свой дом...

Москва, зима, конец 1928 г.

Следующие два стихотворения созданы в светлый период жизни автора.

* * *

Ах, я люблю эту землю, пахнущую дождём,
 Темные листья клёнов, тихо шумящие в небе,
 Уходящую тучу и далёко грохочущий гром,
 Когда всё настоящее, родное и даже смерть не враждебна.

И я люблю тоже тихие переулки

С небольшими домами, все засыпанные снегом.

Белые пушистые сугробы, беззвучие и скрип под ногами,
 Когда всё спокойное и ясное, и некуда торопиться.

Но мне близки также и большие просторы бегущих валов,
 Лучи солнца и шуршащая галька,

И мне кажется, что вспоминаю, как тысячелетия тому назад
 Я выходил вроде большой медузы на берег и грелся.

И валы всё так же, как тогда, бегут и теперь,

И в лесах, и в горах, и на равнинах я слышу один голос:

Настоящее, настоящее... Погляди, какое всё настоящее,

Всё можно потрогать, пощупать, понюхать,

Каждый кусочек сырой коры, каждую травку.

Ты можешь глядеть, как червяк выедает узор из упавшего
листа,

Любоваться им или лучом солнца на елке,

Слушать шум ветра, то бегущего по траве, то качающего
вершины.

И жить, жить!

И даже камень близок сердцу, а даль манит, как родная.

28.12.1936

* * *

Я с улыбкой глаза после сна открываю,

Потому, что тебя я увидел во сне.

И врывается солнца струя золотая

Сквозь ресницы едва приоткрытые мне.

1936(?)

Следующее стихотворение написано в тяжелый период — после разгрома генетики в августе 1948 г.

Свобода настоящая

Вокруг взгляни так ясно
Как можно увидеть,
Пойми, как все прекрасно
И — будь готов отдать.

1948 (?)—1949 (?)

Выбор

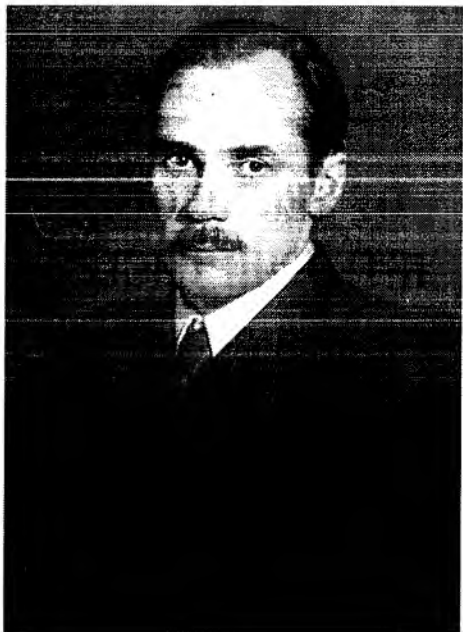
Вот уходят туристы весёлой толпою,
Их сияют глаза, за спиною — мешки.
А я тихо бреду, припадая ногою,
И, хоть рядом они, а — совсем далеки...
А ведь некогда тоже я был альпинистом
И ходил с рюкзаком по скалистым хребтам,
Ранним утром ступал по полянам росистым,
Подходил вечерами к дымящим кострам.
Был уверенным шаг, и сиявшие дали
Расступались вокруг, и звенела вода.
И в дорогу-пути незнакомые звали, —
Ничего не хотел я иного тогда.
И вот это я всё променял на другое, —
На бумаги, на тусклую жизнь старика,
На работу в тревоге, без сна и покоя,
Чтобы жизнь не была ни славна, ни легка...

Последнее из приводимых стихотворений написано А. А. Малиновским после 1965 года (скорее всего — в 70-е годы).

В. С. Клебанер

Раздел первый

**ОТ ТЕКТОЛОГИИ
К ТЕОРИИ СИСТЕМ**



Москва, 1948

ТЕКТОЛОГИЯ*

Тектология (от греч. τέκτων — плотник, строитель, творец и λόγος — слово, учение), *всеобщая организационная наука*, — концепция А. А. Богданова, представляющая собой попытку развернутого построения общей теории организации и структуры систем [см. «Всеобщая организационная наука (тектология)». Ч. 1, 2. М., [1913–17]; 3-е изд.; Ч. 1, 2, 3. М.—Л., 1925–29; имеется немецкий перевод¹⁾]. Термин «Тектология» был введен Э. Геккелем, обозначившим им дисциплину, которая описывает принципы строения живых организмов. Предпосылкой тектологии, по Богданову, является положение о том, что законы организации систем едины для любых объектов, вещественных и духовных, благодаря чему возможно их изучение в обобщенной форме: «... Исходный пункт... заключается в том, что *структурные отношения могут быть обобщены до такой же степени формальной чистоты схем, как в математике отношения величин*, и на такой основе организационные задачи могут решаться способами, аналогичными математическим» [«Всеобщая организационная наука (тектология)», Ч. 3. 1929. С. 209]. Как и математика, тектология противостоит частным наукам, изучающим специфические для каждой области законы и свойства.

Определение организованной системы строится в тектологии на принципе «целое больше суммы своих частей», содержание которого раскрывается через анализ взаимодействия положительного проявления отдельных частей («активностей») и противостоящих им нейтрализующих проявлений

* Источник: [1970 6].

¹⁾ *Bogdanov A. A. Allgemeine Organisationlehre (Tektologie)*. Bd. 1. Berlin, Hirzel, 1926; Bd. 2. Berlin, Hirzel, 1928. К настоящему времени вышли в свет новое издание на русском языке — *Богданов А. А. Тектология. (Всеобщая организационная наука)*. В 2-х книгах. М.: Экономика, 1989, а также две книги на английском языке: одна из них является переводом краткого изложения работы А. А. Богданова «Очерки всеобщей организационной науки» (Самара: Госиздат, 1921) — *Bogdanov A. Essays in Tektology / English Translation by G. Gorelik*. Seaside, California, Intersystems Publications, 1980; 2-nd ed., 1986; другая — переводом 1-го тома полного текста «Тектологии»: *Bogdanov A. A. Bogdanov's Tektology. Book 1 / Ed. by Dudley P. Technical Editor — Sadovsky V. N. Centre for Systems Studies, University of Hull, 1996. — Прим. ред.*

(«сопротивлений»), причем первые в рамках целого суммируются, а вторые не суммируются или суммируются неполно. В тектологии рассматриваются основные организационные механизмы (формирующие системы и регулирующие их), устойчивость и организованность форм, дается классификация систем (централистические, слитные, четочные) и форм устойчивости (количественные, структурные и т. д.). Большое внимание уделяется изучению кризисов в развитии систем, а также подбора как фактора этого развития и некоторых форм равновесия. Особое значение придается процессам отбора, которые рассматриваются как основные и универсальные механизмы формирования и превращения систем.

Методы тектологии, по мысли Богданова, аналогичны общим методам естествознания. Это в первую очередь различные формы индукции, из которых высшей является абстрактно-аналитическая индукция. В тектологии допустимо как реальное (эксперимент), так и мысленное абстрагирование. Типичный тектологический эксперимент — моделирование явлений из одной области с помощью средств из другой области. Таким образом не только объясняются конкретные явления, но и открываются общие для разных областей науки принципиальные механизмы явлений. На основе открытых таким путем закономерностей становится возможна тектологическая дедукция, используемая для решения проблем в частных науках. Выявление общих закономерностей способствует, по мысли Богданова, установлению общего языка для различных наук, что облегчает не только усвоение знаний, но и перенос методов из одной области в другую.

Создание тектологии относится к последнему периоду творчества Богданова, когда он отрицал значение философии, в том числе и свои собственные философские взгляды, подвергнутые критике Лениным. Богданов подчеркивал, что универсальность законов тектологии не дает оснований отождествлять ее с философией, которая, по его мнению, становится излишней. Этот нигилистический тезис, а также довольно заметные элементы механицизма и других философских ошибок Богданова в самой тектологии сделали ее предметом резкой критики в ряде работ 20-х гг. В результате этой критики были не только вскрыты действительные ошибки Богданова, но и отброшено то положительное, что содержала в себе тектология. После возникновения кибернетики была обнаружена заметная общность ее принципов и отдельных положений с рядом тезисов тектологии. Это относится к основной постановке проблемы изучения общих принципов, приложимых к системам, которые различны по составу и происхождению, к вопросу о роли моделирования, об общем для разных наук

языке, к разработке принципа обратной связи (в тектологии называемой бирегулятором), к распространению принципа отбора на процессы мышления. Идеи тектологии близки и к современной проблематике системных исследований²⁾, в частности к ряду проблем, поставленных в общей теории систем Л. Берталанфи³⁾. На этой основе первоначальная отрицательная оценка тектологии подверглась в современной литературе радикальному пересмотру, и теперь тектология рассматривается как одна из первых фундаментальных попыток построения общенаучной концепции, в которой поставлен широкий круг проблем организации, управления и развития сложных системных объектов.

Литература

Богданов А. А. Очерки всеобщей организационной науки. Самара, 1921.

Богданов А. А. Борьба за жизнеспособность. М., 1927.

Невский В. И. Диалектический материализм и философия мертвой реакции // Приложение к книге *В. И. Ленина* «Материализм и эмпириокритицизм». М., 1920.

Колбановский В. Н. О некоторых спорных вопросах кибернетики // Философские вопросы кибернетики. М., 1961.

Уемов А. И. Некоторые тенденции в развитии естественных наук и принципы их классификации // Вопросы философии. 1961. № 8.

Сетров М. И. Об общих элементах тектологии А. А. Богданова, кибернетики и теории систем // Ученые записки кафедр общественных наук вузов г. Ленинграда. Философия. 1967. Вып. 8.

Поваров Г. Н. Норберт Винер и его «Кибернетика» // *Винер Н.* Кибернетика. Пер. с англ. 2-е изд. М., 1968.

Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г. Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности. М., 1969.

Kotarbiński T. Rozwój prakseologii // *Kultura i społeczeństwo.* 1961. T. 5. № 4.

²⁾ См. *Садовский В. Н., Юдин Э. Г.* Система // Философская энциклопедия. Т. 5. М.: Советская энциклопедия, 1970. С. 18–21. — *Прим. ред.*

³⁾ См. *Садовский В. Н.* Общая теория систем // Философская энциклопедия. Т. 4. М.: Советская энциклопедия. 1967. С. 113–114; Исследования по общей теории систем. Сборник переводов под редакцией *Садовского В. Н. и Юдина Э. Г.* М.: Прогресс, 1969. — *Прим. ред.*

ТИПЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ОРГАНИЗМЕ (1943)*

Н. А. Беловым и М. М. Завадовским описан тип взаимодействия органов, где орган *A* (например, гипофиз) стимулирует *B* (например, семенники), а *B* тормозит *A*. Взаимодействие получило название «плюс—минус» (\pm). Оно объясняет явления регуляции, компенсаторной гипертрофии и т. д. Этот тип распространен между эндокринными органами. Однако он определяет лишь стабилизацию и свойственен только поздним стадиям развития. Где нет стабилизации (тимус, цикл беременности), (\pm) тип не доказан: на ранних стадиях преобладают взаимная стимуляция частей (\oplus) или взаимное угнетение (\ominus).

Части градиент-системы взаимно угнетают одна другую (\ominus). Поэтому небольшой внешний толчок нарушает равновесие: получившая преобладание часть, угнетая другие, освобождается от их торможения и развивает преобладание до максимума. Так сразу объясняется: 1) зависимость возникновения градиента и его направления от минимального толчка; 2) устойчивость раз возникшего градиента и 3) тенденция к его восстановлению в регенератах.

Гистологическая структура семенников определяет выделение гормона, гормон способствует развитию той же структуры (\oplus) («фримартины»). Этим предотвращается совмещение противоположных гонад. Аналогично у птиц для яичников и фолликулина (Данчакова). Взаимное угнетение (\ominus) противоположных гонад показано Витчи при парабиозе тритонов. Все это — приспособления против гермафродитизма.

Альтернативные процессы в физиологии (сон — бодрствование, покой мочевого пузыря — мочеиспускание) построены на (\oplus) или (\ominus) типах. Они играют большую роль в патологии. В итоге различные типы взаимодействия имеют разное приспособительное значение: (\pm) — стабилизация, (\oplus) и (\ominus) — дивергентное течение альтернативных процессов. Вскрытие последних типов сложнее, так как они имеют динамический характер.

* Источник: [1945 г].

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ*

Изучение общих принципов организации биологических систем, в современном смысле слова, только начинается и естественно, что в этом отношении в биологии сделано еще сравнительно немного. Лишь в ряде простейших случаев возможно уже произвести известные обобщения. Однако, прежде чем переходить к обобщениям, следует остановиться на самом понятии организации применительно к биологическим системам.

За последнее время в биологии нередко понятие организации отождествляется с понятием упорядоченности. Но с чисто биологической точки зрения это нельзя признать вполне рациональным.

Термин «упорядоченность» или, так сказать, «структурная негэнтропия», говорит лишь об известном отклонении от наиболее вероятного, случайного распределения элементов, входящих в организованное целое. Между тем с биологической точки зрения такая упорядоченность — лишь необходимое, но все же недостаточное условие организованности системы. Организованная биологическая система также обязательно характеризуется и совершенством выполняемых функций. Поэтому в оценку организованности системы помимо *степени* упорядоченности ее элементов должен входить *характер* упорядоченности, к тому же адекватный задаче, и, наконец, достигнутый посредством организации приспособительный (функциональный) *эффект*. При этом вполне возможно, что в определенных случаях более высокая организованность системы достигается не при максимальной, но при некоторой оптимальной степени упорядоченности, а максимальная (в этом направлении) упорядоченность уже снижает выполнение функций. Иногда же степень упорядоченности выше определенного предела становится почти

* Источник: [1968 б].

безразличной. Чтобы пояснить данную мысль, приведем простой, не биологический пример. Строя стену в два кирпича толщиной, мы создаем определенную упорядоченность их. При этом возможны два случая. В первом — щели между кирпичами первого ряда совпадают со щелями между кирпичами второго ряда. Во втором случае такого совпадения нет, и щели кирпичей первого ряда упираются в боковую поверхность кирпичей второго ряда. Очевидно, что степень упорядоченности в первом случае выше, так как в порядке случайности легче ожидать соотношение второго типа¹⁾. Тем не менее, если цемент связывает кирпичи менее прочно, чем связаны частицы самого кирпича, стена второго типа будет явно прочнее, т. е. будет более соответствовать поставленной задаче. Речь здесь идет о задаче, поставленной человеком. В биологических системах мы можем встретиться с аналогичным положением, хотя «задача» там ставится самой природой и, как правило, заключается в функционировании системы, наиболее полно обеспечивающем выживание особи или вида.

Таким образом, в понятие организованности биологических систем кроме степени упорядоченности входит как обязательная составная часть степень повышения определенной функции (включая и возникновение совершенно новых функций). Иначе говоря, если при оценке упорядоченности мы можем учитывать ее абстрактно, независимо от типа и эффекта, то, рассматривая организованность биологической системы, мы должны учитывать ее конкретно, по отношению к совершенству какой-то определенной функции. Система, высокоорганизованная в одном отношении, может быть низкоорганизованной в другом.

Понятие организации, следовательно, не совпадает с понятием упорядоченности: организованные системы представляют частный случай систем упорядоченных, организованность — понятие более узкое, чем упорядоченность; организованность характеризует не обязательно систему в целом, а может характеризовать ее в каком-то одном отношении. Например, животное, высокоорганизованное в отношении функции передвижения, может быть низкоорганизованным в отношении прямой борьбы с хищниками. Мера упорядоченности не говорит о направленности упорядоченности. Организация же всегда предполагает более или менее определенную (хотя иногда достаточно широкую) направленность.

¹⁾ Сюда относится целая серия различного размера сдвигов первого ряда по отношению ко второму, не сильно различающихся между собой, но всегда превосходящих по прочности первый случай.

Если степень упорядоченности в настоящее время мы уже можем, как правило, выражать определенной количественной мерой, то степень организованности пока не имеет общепризнанного количественного выражения.

В свою очередь, уже среди организованных систем выделяются по функции различные категории. В частности, организованные системы можно с известным приближением²⁾ делить на управляющие, исполнительные и, наконец, самостоятельные системы (как например, целый организм), объединяющие в виде отдельных звеньев подсистемы управляющие и исполнительные. Иначе говоря, в биологии управляющие системы представляют частный случай организованных систем. Организованная система — понятие более широкое, чем управляющая система.

Переходя от систем упорядоченных к организованным и, далее, к управляющим, мы переходим от случаев общих к более частным и специфичным.

Изучение форм организации в биологии поэтому выходит за пределы изучения только управляющих систем и неизбежно распространяется на все типы организации. В биологических системах, благодаря сложности и многообразию взаимоотношений, обособленное исследование управляющих систем было бы затруднительно. В ряде случаев системы одного и того же типа здесь выступают то как управляющие, то как исполнительные, и грани между ними стираются. С другой стороны, такой более широкий подход к вопросу (с рассмотрением не только управляющих, но и других систем) имеет и методические преимущества, в частности, расширяется возможность сравнительного изучения. Это можно пояснить, пользуясь аналогией, взятой из самой биологии.

Основное направление эволюции — прогрессивная эволюция, и для биолога она представляет наибольший интерес. Однако если бы мы начали исследовать только прогрессивную эволюцию, игнорируя случаи регресса, мы, бесспорно, гораздо меньше узнали бы о самой прогрессивной эволюции, так как не могли бы достаточно полно учесть пути, по которым она приходит в тупики, и те условия, которые иногда могут остановить регресс и снова обеспечить виду прогрессивное развитие.

Рассматривая с изложенных позиций формы организации живых систем, одним из основных вопросов мы должны

²⁾ В каждой управляющей системе также можно выделить и «исполнительные» элементы, а в «исполнительной» системе, наоборот, в ряде случаев — элементы, играющие до известной степени управляющую роль.

поставить вопрос о том, как обеспечивается определенная функция структурой системы, или, иначе говоря, какие закономерности характерны для каждого типа систем.

При этом мы постараемся рассмотреть, по возможности, формы более или менее общие для различных уровней систем, начиная от самых примитивных до высших. Поэтому не будем останавливаться на наиболее изученных специфических формах организации центральной нервной системы, современное учение о которых было заложено И. М. Сеченовым и И. П. Павловым. Этих высших типов систем организма мы будем касаться только постольку, поскольку и в них выявляются те основные формы систем организации (например, дискретных), которые отмечаются на всех биологических уровнях.

Мы также лишь минимально коснемся классических представлений К. Бернара, Дж. Баркрофта [2] и других, поскольку эти представления прекрасно изложены в имеющейся на русском языке литературе [5, 22, 31].

Классифицируя в самом общем виде наиболее распространенные биологические системы, можно выделить два простейших крайних типа: первый можно условно назвать дискретным, или корпускулярным, а второй — жесткофиксированным [13, 14, 16]. Первый тип можно охарактеризовать как системы, состоящие из однотипных, более или менее взаимно заменимых единиц. Это — особи одного вида и одного пола, клетки одной ткани (например, красные кровяные тельца или клетки кожного эпителия и т. д.). Таковы же аллеломорфные (парные) гены и, с известными оговорками, множественные органы в одном организме (например, пальцы на руках, зубы, однотипные дольки в печени и т. д.). Данный тип системы сходен с тем типом систем, где господствуют статистические закономерности в неживой природе, в противоположность строго организованным механическим системам. Об этом различии говорилось неоднократно; в частности о нем писал Э. Шредингер [32]. Однако его здесь больше интересовала энергетическая сторона: закономерное нарастание энтропии в статистических системах (например, в газе или жидкости, состоящих из беспорядочно движущихся молекул) и теоретически возможное движение почти без нарастания энтропии в идеально построенной «механической» системе (планетная система, идеальные часы без трения и т. д.).

Нас, напротив, в рассматриваемых системах интересует не энергетическая сторона, а организационные особенности. Подобные системы (в чистом виде) состоят из единиц, практически не связанных друг с другом (особи одного вида

животных или растений, красные тельца в токе крови). Системы объединяет одинаковое отношение к среде, которое их заставляет вести себя сходно, даже без наличия прямой связи друг с другом. В неживой природе яркий пример такого рода представляет движение отдельных песчинок, которые, хотя и не связаны друг с другом, все же откладываются рекой в одном и том же месте благодаря сходным размерам и весу и могут образовать мощные наносы в виде мелей, песчаных кос и т. д.

В живой природе, как уже было видно из приведенных примеров, такие системы чрезвычайно распространены. Само по себе объединение множества однотипных единиц в подобную систему, как правило, лишь незначительно повышает уровень общей их организации по сравнению с отдельной единицей. В некоторых случаях данная система может рассматриваться почти как простая сумма входящих в нее единиц (особей вида, эритроцитов и т. д.). Однако иногда она представляет большую ценность с точки зрения приспособляемости. Такие системы отличаются большой пластичностью. Единицы, из которых они состоят, сравнительно взаимно независимы и подвижны, поэтому они способны под влиянием различных внешних факторов к разнообразным перемещениям и комбинаторике. Механически это видно, например, при пассивном передвижении элементов крови по сосудам. Особи вида, распространяясь самостоятельно, занимают сложнейшие ареалы. При половом размножении особи, несущие разные признаки, способны к скрещиванию в различных комбинациях, позволяющих получать объединение полезных признаков, возникших независимо друг от друга.

Это происходит также и в системе наследственности, в условиях которой каждый новый полезный наследственный фактор в состоянии вытеснить старый, свободно комбинируясь с другими факторами, затрагивающими иные признаки. Так, при продвижении на север для животных (белого и голубого песка и пр.) может оказаться полезной замена более или менее темной окраски белой (под цвет снега) без существенных изменений других внешних признаков. С точки зрения свободы комбинирования объясняются и многие такие особенности наследственных механизмов, которые иногда вызвали недоумение своей непонятной для биологических объектов простотой и дробностью: незамкнутое линейное расположение генов в хромосоме, обеспечивающее, как показали расчеты, их наиболее свободную комбинаторику; сравнительно узкое влияние большинства наследственных факторов на один или небольшое число признаков, малая

степень их взаимодействия и т. д. [17, 18, 19, 20, 14]. Здесь видимая простота и «корпускулярность» были достигнуты, по крайней мере отчасти, вторично, так как только они обеспечивали наиболее легкое разделение и комбинирование признаков и наибольший эффект естественного отбора. Аналогичную эволюцию живой системы от геометрически сложной к простой можно отметить, например, в органах движения. Так, у червя движения очень сложны, а прогрессивная эволюция приводит органы движения к более простой (в данном случае не корпускулярной) системе рычагов-конечностей у более высокоразвитых форм (позвоночных, членистоногих). Подобная механическая «простота» возникала со значительными трудностями, но способствовала более совершенному приспособлению животных и достигалась лишь в процессе длительного естественного отбора.

Столь же сложный путь, как наследственные механизмы, проделала и другая корпускулярная система — система простых рефлекторных реакций. Некоторые зарубежные ученые критиковали учение И. П. Павлова, считая, что он чрезмерно упрощает механизм поведения. Павлову прямо ставили в упрек представление именно о корпускулярной системе поведения, слагающейся из хорошо отграниченных отдельных безусловных и условных реакций. Дж. Э. Когхилл [9] экспериментально показал, что на ранних стадиях развития поведение личинок амфибий не распадается на отдельные реакции, а имеет недифференцированный характер. На этом основании Когхилл делал неверный вывод о том, что такой тип реакций основной и у взрослых, развитых особей. Однако приведенный факт лишь указывает на пути развития от слитной реакции к поведению, слагающемуся из корпускулярных реакций, как, например, развитие организма из одной клетки (оплодотворенного яйца) не меняет факта его сложного клеточного строения во взрослом состоянии. Кстати, может быть не главное, но все же существенное преимущество многоклеточного строения — его корпускулярность, обеспечивающая передвижение клеток в ходе эмбрионального развития и в ряде процессов у взрослого организма, а также позволяющая производить отбор отмирающих клеток (рогового эпителия, клеток крови, травмированных или состарившихся клеток различных тканей и т. д.) так, что он не отражается на судьбе других клеток, которые не только сохраняются неповрежденными, но и замещают погибшие. Это закономерно происходит и в процессе эмбрионального развития [12]. Все отмирающие клетки элиминируются так, что это в минимальной степени может неблагоприятно отразиться на других клетках.

В целом можно сказать, что корпускулярное строение систем облегчает комбинаторику и процессы отбора в них. На такое понимание вопроса указывал еще К. А. Тимирязев, который подчеркивал, что тот факт, что признаки независимы друг от друга (не растворяются при скрещивании), дает основу для успешного естественного отбора и снимает то возражение против последнего, которое Дарвин считал самым опасным для своей теории [4, 27]. Но, как мы видим, то же относится и к большинству других особенностей генетических механизмов.

С другой стороны, что касается проблемы поведения и мышления, в работах современных кибернетиков подчеркивается, что «разумной следует считать систему, способную выполнять подходящий отбор» [34]³⁾. Однако надо сказать, что еще К. А. Тимирязев ставил вопрос о единстве механизмов умственного творчества человека и бессознательного творчества природы, сводя и то, и другое к процессам избыточного возникновения новых форм (организмов, идей) и к дальнейшему жесткому их отбору [26]. Как мы видим, в то время, когда одни авторы (критики генетики, критики И. П. Павлова) указывали на корпускулярное строение этих систем, другие подчеркивали, что механизмы действия именно данных систем связаны с процессами отбора. Выше мы уже указали, что такое соответствие не случайно и что приспособительный смысл систем такого строения — будет ли это система самого вида, его генетических механизмов или же функций центральной нервной системы — одинаково заключается в их гибкости, в способности к комбинаторике отдельных единиц, входящих в систему, и к отбору как отдельных единиц, так и их комбинаций. В результате рассматриваемые системы способны адекватно приспосабливаться к самым различным внешним условиям. Выражаясь образно, они состоят из множества отдельных кирпичей, а это позволяет создавать временные или постоянные строения любой архитектуры, что, конечно, невозможно для систем монолитных, в которых единицы, их составляющие, жестко связаны между собой. При этом факторы, перестраивающие такие системы, могут быть связаны как с внешними условиями, так и с более высокоорганизованными интегрирующими механизмами самого организма. Генотип вида формируется путем отбора, производимого в основном факторами внешней среды. И комбинации реакций поведения также

³⁾ Здесь, конечно, Эшби говорит лишь об одной стороне вопроса: о необходимом условии, которое еще не исчерпывает всей сложности предмета и недостаточно для полного определения разумной деятельности.

могут создаваться комбинацией вызывающих их внешних факторов⁴⁾. Однако в других случаях архитектура поведения, в которую входят указанные реакции, обуславливается действием тех или иных высших интегрирующих факторов в самой центральной нервной системе. Таким образом, иногда мы имеем дело со стихийным отбором типа естественного отбора, иногда — с отбором, происходящим в самом организме, но не стихийно, а на основе механизмов, которые сами выработались в процессе длительной эволюции (отбор реакций, отбор состарившихся или дефектных клеток и т. д.). Корпускулярные системы всегда одинаково обеспечивают неэкономное, но гибкое приспособление к ненаправленным, заранее не прогнозируемым, изменениям среды, происходит ли это в эволюции вида, в индивидуальном поведении и т. д.

Противоположный крайний тип систем характеризуется жестко фиксированными связями составляющих их звеньев, наличие или функция каждого из которых является необходимым условием функционирования всей системы. Таковы, например, последовательные этапы в эмбриональном развитии глаза, где из первичной нервной пластинки развивается глазной бокал (будущая сетчатка), последняя в свою очередь индуцирует развитие хрусталика и т. д.

Сюда относятся в популяции два взаимно дополняющих пола, каждый из которых выполняет необходимую функцию, у высших животных незаменимую особями другого пола (у низших возможны случаи бессамцового, партеногенетического развития). Таково взаимоотношение различных систем организма, например систем кровообращения и пищеварения. Каждая из них необходима и не может быть заменена другой. Разумеется, мы здесь говорим о жестких связях не в механическом смысле, а в организационном. Так, особи различного пола могут быть легко отделены друг от друга пространственно даже без вреда для них самих. Но жесткая система размножения, требующая функции обоих полов, будет полностью нарушена. Как видно, жестко фиксированные системы имеют более разнообразные формы и строение, чем корпускулярные. Общей у них является только жесткость связей. При этом многие виды структур данного типа могут чрезвычайно сильно повышать уровень организации системы по сравнению с отдельными составляющими их звеньями. Известны светочувствительные органы низших животных, лишенные хрусталика или аналогичных приспособлений

⁴⁾ Целесообразность этих простых комбинаций обусловлена тем, что каждая реакция в отдельности уже имеет целесообразный характер, достигнутый в прошлые эпохи путем естественного отбора целых организмов.

(диафрагм либо ориентированных множественных фасеток), позволяющих получить четко воспринимаемое изображение окружающих предметов. Подобные примитивные органы дают чрезвычайно мало информации по сравнению с глазом, где сетчатка дополнена преломляющими свет средами и может воспринимать точно оформленное изображение. В то же время сам преломляющий аппарат, без светочувствительного, совершенно бесполезен.

Однако, как правило, такие системы — в определенных отношениях высокоорганизованные и экономные — оказываются гораздо менее гибкими и менее способными к перестройке, чем системы корпускулярные. А эффективность рассматриваемых систем в случаях полной жесткости связей определяется согласно «принципу наименьших», сформулированному в свое время для растений немецким химиком Либихом. Согласно принципу Либиха, рост растения прямо зависит от количества того необходимого ему вещества, которого в почве для него особенно мало. Позже оказалось, что в приложении к растениям данный принцип требует известных уточнений (Митчерлих по Кирсанову) [7]. Однако он оказался применимым и в других, самых разнообразных случаях. Так, обычно приводят как пример то, что прочность цепи определяется самым слабым ее звеном, скорость эскадры (если корабли не берутся на буксир) — скоростью самого тихоходного корабля и т. д. В живых системах ход общего обмена веществ в значительной степени зависит от наиболее слабого звена. Последним может оказаться и пищеварительная система (основной источник для обмена в организме), и выделительная, и система дыхания, и какое-либо другое промежуточное звено. Еще лучше это иллюстрируется цепями химических превращений, где мутационное выпадение даже одного необходимого фермента делает всю цепь неэффективной (например, приводя к нарушению образования пигмента при альбинизме) [33].

Принцип наименьших некоторые авторы, в первую очередь А. А. Богданов [3], считали универсально применимым во всех областях наших знаний. В то же время, ряд критиков, из которых последним развернуто высказался в этом отношении В. Н. Колбановский [10], считали, что данный принцип вполне применим к неживым системам, неполно приложим к биологическим и совершенно не приложим к социальным.

Действительно, универсальным «принцип наименьших» считать нельзя. Выше мы разбирали корпускулярный тип систем, и совершенно очевидно, что даже полное выпадение одной единицы из такой системы отнюдь не приведет к полному

ее разрушению или потере эффективности. Система просто станет незначительно меньше: вид — на одну особь, кровь — на одну кровяную клетку и т. д. Поэтому «принцип наименьших» нельзя применять к корпускулярным системам. В этом отношении он, конечно, не универсален. Он, как говорилось, вполне применим лишь к вполне жестким системам.

В то же время нельзя согласиться с В. Н. Колбановским относительно неполной применимости этого принципа к биологическим системам и полной неприменимости — к социальным. В биологических системах, как мы видели, применимость принципа определяется не тем, что это живая система, а тем, какого она типа: корпускулярная, жестко фиксированная и т. д. Так же, очевидно, дело обстоит и в социальных системах. Принцип «слабого звена» несомненно не применим там, где система не жесткая, но, по-видимому, применим, если она относится к жесткому типу в описанном выше смысле. Укажем, например, что В. И. Ленин считал вполне возможным применить его к вопросу о блоке партий. Небольшая статья Ленина на эту тему, написанная в 1917 г., так и называется «Крепость цепи определяется крепостью самого слабого звена ее» [11].

Можно было бы привести и другие примеры подобного же рода, но и сказанного достаточно, чтобы аргументировать, что дело заключается не в области приложения принципа, а в характере систем и что в социальных системах, хотя и не во всех случаях, данный принцип приложим.

Таким образом, мы можем сказать, что универсальность принципа отбора и «принципа наименьших» действительно не абсолютная. Здесь критики этих принципов были правы. Но они оказались неправы в том, что ограничивали приложение указанных принципов сферой механики или биологии. Дело не в области, к которой относится рассматриваемое явление, а в типе системы: в одних приложим принцип отбора, но не приложим принцип наименьших (статистические или корпускулярные системы); в других приложим принцип наименьших, но не приложим принцип отбора (жесткие системы).

Возможны и другие типы систем, где приложимость рассматриваемых принципов может быть неполной. Мы разобрали лишь простейшие крайние случаи. При этом, однако, надо иметь в виду, что одна и та же материальная биологическая система в различных отношениях нередко должна рассматриваться как принадлежащая к разным типам. Так, система вида может вообще рассматриваться как корпускулярная, состоящая из особей. Но если мы рассматриваем ее

с точки зрения размножения и соотношения полов, то это уже система жесткая: каждый пол представляет необходимое и незаменимое другим полом звено. Еще отчетливее это видно на рефлекторных реакциях. Даже довольно сложные рефлекторные реакции в организме могут в значительной степени комбинироваться и заменять друг друга: животные в состоянии проделать одно движение или же заменить его другим. Но в цепи реакций, направленных уже на достижение определенных результатов (например, преследование добычи, половой акт, защита от нападения), выпадение даже одной реакции может полностью нарушить эффективность всей цепи. Стоит вырвать только одно звено (ориентировку или обнаружение добычи или одно из действий во время ее преследования, наконец, нападение на нее и т. д.), и все дальнейшие части поведения теряют смысл, а пищи хищник не получит. Следовательно, структура у одной и той же материальной биологической системы в разных плоскостях может быть совершенно неодинаковой, и соответственно принципы, определяющие протекание тех или иных процессов и их эффективность, тоже будут различны.

Вполне выраженные системы описанных крайних типов составляют в биологии скорее исключение. Но формы, близкие к ним настолько, что в них выявляются свойственные данным типам закономерности, достаточно часты. При этом, при переходе от низших уровней, лежащих на грани молекулярной биологии, ко всё более высоким: клеточному, тканевому, организма, вида и т. д. — становится очевидным довольно правильное чередование простейших типов организации систем: корпускулярного и жесткого.

Действительно, если мы обратимся к строению хромосомы, то увидим, что в тех случаях, где имеется гаплоидность⁵⁾ и где, следовательно, дефект одной хромосомы не покрывается действием другой (парной ей), выпадение даже небольшого ее участка, как правило, нарушает всю систему наследственного управления развитием и ведет к гибели организма. Система, основанная на непарных хромосомах, имеет жесткий характер и подчиняется принципу «слабого звена». Такое положение существует в гаплоидных организмах и в диплоидных — для непарных участков половых хромосом.

Однако, как правило, организм защищен от этого тем, что при переходе с хромосомного уровня на ядерный мы видим уже обычно множественность однотипных хромосом — чаще

⁵⁾ То есть где хромосомы в ядре представлены лишь в виде одного набора, пришедшего от одного родителя, а не в виде двух наборов от обоих родителей (последнее является правилом, кроме половых хромосом).

всего парность (диплоидность), а иногда и большее их число, например в макронуклеусе простейших или при полиплоидии у растений и в отдельных тканях животных.

Аналогично и цитоплазма клетки обладает рядом повторяющихся молекулярных структур и органоидов. При этом повторяемость однотипных элементов цитоплазмы гораздо больше, чем повторяемость генов в ядре, где они представлены в двух наборах, редко в четырех, восьми и лишь в особых случаях (макронуклеус одноклеточных) — десятками и сотнями. Именно этим Б. Л. Астауров [1] объясняет огромную устойчивость цитоплазмы по отношению к ионизирующим облучениям по сравнению с ядром. В последнем вероятность того, что хотя бы один из тысяч наследственных факторов, представленных всего в двух (или четырех) хромосомах, будет поврежден во всех представляющих его двух (или четырех) экземплярах, весьма велика. А сказанного уже может быть достаточно, чтобы весь ядерный аппарат был неэффективен.

Но, рассматривая клетку как целое, мы опять видим, что ядро и цитоплазма вместе обычно составляют жесткую систему, в которой потеря любого одного из указанных звеньев ведет или к гибели, или к неполноценности клетки. Если в нормальном организме и встречаются некоторые категории клеток без ядер (эритроциты), то только потому, что они выполняют узкоспециализированную роль. Их активность как живых клеток падает, и они неспособны ни к размножению, ни к длительному существованию.

Тем не менее жестко построенные полноценные клетки составляют в организме уже огромные корпускулярные коллективы — ткани, где, как правило, каждая отдельная клетка заменима другой. Таковы эпителиальные ткани, соединительная ткань, костная и др. Даже в нервной системе, когда погибают отдельные клетки, их функцию в значительной степени берут на себя другие однотипные клетки⁶⁾.

На более высоком уровне несколько разнотипных тканей совместно составляют минимальную единицу, обладающую уже специфической функцией. Иногда это орган (например, сердце, мочевой пузырь и т. д., которые в организме представлены в единственном числе), в других случаях — это один орган из пары (глаз, половая железа), в третьих, — минимальная функционирующая единица системы (одна долька печени, одна лимфатическая железа и т. д.)⁷⁾.

⁶⁾ Если, конечно, речь идет не о выпадении целых больших участков мозга.

⁷⁾ Такое выделение подсистемы из системы (из печени, из лимфатической системы) правильнее, чем привычное деление на органы, где иногда

В такой подсистеме каждая ткань составляет необходимое звено, и эффективность любой из этих подсистем: зуба, глаза, дольки печени и т. д. — определяется по преимуществу наиболее слабым из тканевых звеньев.

Целые системы (печень, система зрительных анализаторов, система выделительных органов, жевательный аппарат и т. д.) выступают как более или менее корпускулярные структуры, складывающиеся из однотипных минимальных функциональных единиц, или подсистем. Здесь, конечно, есть исключения (уже упоминавшиеся некоторые непарные органы, не состоящие из подсистем); но кожа, например, может рассматриваться как корпускулярная система в том смысле, что отдельные участки ее в состоянии заменять утраченные, вследствие ранения, ожога и т. д., но не имеют каких-либо границ между собой и не распадаются на четко выраженные единицы.

Тем не менее всё же правило заключается в том, что каждая, необходимая организму система: печень, почки, органы чувств и многие другие — состоит из отдельных парных или множественных, в известной степени автономных и частично взаимозаменяемых минимальных единиц (подсистем).

Сами системы: выделения, дыхания, пищеварения, кровообращения, движения, нервная и другие — уже находятся в отношениях взаимодополняющих и незаменимых звеньев организма. Этим такое чередование не кончается. Особи одного пола в популяции животных или растений множественны и взаимозаменяемы. Отношения полов имеют характер незаменимых и взаимодополняющих звеньев в системе популяции. Не будем продолжать дальше перечисление биологических уровней, где чередуются то более или менее жесткий тип организации, то приближающийся к корпускулярному. Мы уже достаточно показали, что, несмотря на некоторые отклонения и исключения, такое чередование представляет собой в общем довольно четко выраженное правило.

Логически данное чередование нетрудно понять. Взаимодополняющие отношения разнообразных звеньев внутри системы жесткого типа, как мы говорили, необходимы для повышения уровня организации и эффективности системы. Однако они не обеспечивают необходимой гибкости и живучести системы. Поэтому такие жесткие системы дважды или многократно повторяются на следующем уровне, вы-

название органа относится к незаменимой единице (сердце и др.), иногда же — к одному из пары равноценных звеньев, составляющих системы (почки, легкие), а иногда — даже к одной из многих однотипных в основном единиц (к зубам и пр.).

ступая уже как единицы корпускулярной системы. Этим обеспечивается и большая надежность, и количественная гибкость следующего уровня организации. Высокоразвитые системы в организме должны удовлетворять в какой-то степени требованиям разного рода: и гибкости, и экономичности, и координированности. Поскольку каждый тип простейших систем (корпускулярных и жестких), обеспечивая одни из этих свойств, автоматически исключают другие, постольку оптимальные сочетания в известной степени достигаются чередованием обоих типов на смежных уровнях организации.

Однако возможен и другой путь, обеспечивающий оптимальное совмещение и корпускулярности, и жесткости: строение системы, на одном уровне совмещающей некоторые черты обоих типов. Так, для филогенеза очень важно, чтобы эволюционное изменение одного органа не отражалось бы на других. Например, даже благоприятное изменение глазного бокала с большой вероятностью может нарушить совершенство хрусталика, который в своем развитии зависит от стимулирующего его бокала. Подобное положение очень затрудняет свободную эволюцию более ранних в индивидуальном развитии органов (здесь — бокала). Они эволюционируют медленнее, чем в первую очередь и объясняется то, что было, может быть слишком категорично, сформулировано как биогенетический закон: повторение в индивидуальном развитии отдельного организма тех стадий, которые вид прошел в своей эволюции [31, 17]. С другой стороны, та же зависимость развития хрусталика от бокала имеет и приспособительное значение: она обеспечивает то, что хрусталик всегда возникает именно перед бокалом, как требуется для полноценного развития глаза. Требования к координированному развитию здесь приходят в противоречие с требованиями к эволюционной независимости органов, которая обеспечила бы возможность усовершенствования одного органа, не нарушая совершенства другого. Если координация достигается последовательной связью $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$, то эволюционно независимым звеном здесь служит только последнее (например, E), потому что его изменение уже ни на каком органе не отразится, так как ни один из них от E не зависит. Для полной эволюционной независимости было бы идеальным, если бы каждый орган развивался совершенно самостоятельно. Система была бы корпускулярной, и новый вариант каждого органа мог бы в новых поколениях замещать старый, не влияя на другие органы.

Существование системы, абсолютно совмещающей оба достоинства крайних типов (независимость и координацию),

вряд ли возможно. Но возможно значительное приближение к такому положению. В другом месте нами этот вопрос разобран подробнее [14]. Здесь мы укажем лишь, что это достигается звездным типом системы, когда один орган *A* берет на себя прямую стимуляцию развития органов или функций *B* и *C* и *D* и *E*. *A* оказывается тогда как бы в центре, а остальные органы связаны с ним как луч со звездой. Это, конечно, схема и ее не надо понимать геометрически: пространственная связь может быть совершенно иной. Например, женская половая железа, яичник, вызывает своими гормонами окончательное развитие первичных половых признаков (матки и пр.) и возникновение ряда вторичных: грудных желез, расширенного таза, повышенного роста волос на голове и т. д. Это происходит независимо от пространственного отношения перечисленных признаков к яичникам. Аналогично щитовидная железа стимулирует у головастика множество признаков, сочетание которых приводит к превращению его в лягушку.

При таком звездном типе взаимоотношений лишь один объединяющий другие признаки орган (в данном случае железа внутренней секреции) оказывается эволюционно связанным, так как его изменение сразу отразилось бы на всех зависимых органах. И действительно, железы внутренней секреции чрезвычайно консервативны. Гормоны бычьей железы действуют и на рыб, и на птиц. Зато признаки, определяемые железой, все являются конечными в цепи зависимостей; поэтому они могут свободно эволюционировать и совершенно различны у разных видов. С гормоном половой железы у оленя связаны рога, у льва — грива, у ряда птиц — характерное оперение и т. д. В то же время в ходе развития организма признаки, определяемые одной железой, тесно связаны между собою через нее. Лишь одно звено отделяет их друг от друга, и поэтому их связь весьма прочна. Вокруг каждой железы группируются признаки одной и той же приспособительной направленности: вокруг половой — признаки, способствующие функции размножения; вокруг адреналовой системы — функции, мобилизующие возможности организма в острых ситуациях (при бегстве, борьбе); вокруг одного из видов гормонов коры надпочечников — плеяда функций, препятствующих проявлению реакции на болезнь, и т. д.

Мы можем видеть здесь, что признаки одного приспособительного направления эволюционируют так, что как бы «добровольно» становятся в зависимость от постепенно объединяющей их железы. Подобный пример мы видим, сравнивая два родственных вида рыб, переходящих к сухопутному образу жизни, — болеофтальмус и периофтальмус.

У первой часть сухопутных признаков еще не зависит от щитовидной железы; у второй, более приспособившейся к новому образу жизни, эволюция зашла дальше, и почти все изменения, способствующие жизни на суше, теперь зависят от данной железы [37, 17]. Аналогично оптимальное сочетание большой свободы комбинаторики наследственных факторов с их объединением (обеспечивающим правильное расхождение при делении клетки) достигается линейным их расположением в хромосоме [18].

Таким образом, определенное сочетание двух простых типов систем может привести к тому, что сохраняется значительная часть преимуществ и того, и другого типа. В случае звездной связи онтогенетическая координация достигается почти максимально, как и в жесткой системе, а эволюционная гибкость теряется только для одного звена — для центрального органа, объединяющего все другие. Таким путем достигаются оптимальные результаты. «Звездный» тип широко распространен в живых системах, причем наиболее ярко представлен в системе желез внутренней секреции.

Следует указать, что организационная ценность определенного типа систем хорошо подтверждается тем, что эволюция в различных независимых ветвях животного царства приводит к одним и тем же формам организации⁸⁾. Это мы видим на примере параллельного развития в ряде отношений сходной эндокринной системы у позвоночных и насекомых. Сходны у них во многих отношениях и другие органы: рычаговые конечности, крылья и расположение глаз (парные органы, расположенные по бокам головы, хотя строение самого органа зрения у них совершенно разное) и т. д. Необычайно похоже строение глаз у позвоночных и высших головоногих, несмотря на то, что, по-видимому, их общие предки не могли иметь еще такого органа зрения и он развился в обеих ветвях независимо.

Возникновение аналогичных⁹⁾ приспособлений говорит о том, что мы имеем дело не со случайностью, а с закономерностью. И, поскольку речь идет не о повторении деталей формы, а о некоторых общих формах организации (корпускулярной, жесткой, звездной, о сходном расположении

⁸⁾ Еще более ярко это иллюстрируется параллелизмом приспособлений животных и растений [25].

⁹⁾ Следует подчеркнуть, что аналогия предполагает сходство при различном происхождении, в отличие от гомологии, где имеется единство происхождения органов, а строение может быть и сходным, и различным. Например, аналогичны конечности у насекомых и позвоночных. Гомологичны крылья птиц и передние конечности млекопитающих.

органов зрения и т. д.), следует сделать вывод о закономерных же преимуществах данного типа организации. Природа как бы формирует то или иное устройство из различного по происхождению материала, но по одной модели. По существу аналогия может рассматриваться как естественная модель, а модель — как искусственно созданная аналогия. Обе основаны на изоморфизме систем.

С этой точки зрения, некоторые общие приспособления и тенденции эволюции, параллельные в различных систематических группах, выявляют именно основные принципы организации живых систем. Остановимся коротко на некоторых принципах, в частности на тех, которые касаются организма в целом, ибо именно на данном уровне мы имеем дело с наиболее целостной формой живой организации.

Первое, на что надо указать, — тенденция ко все большему постоянству внутренней среды, то есть физического и химического состава крови и лимфы, температуры тела и т. д. Отмеченная тенденция была сформулирована еще Клодом Бернаром. В настоящее время изучен ряд водных животных, неспособных достаточно хорошо сохранять концентрацию солей в крови при переходе в воду с иной соленостью, чем обычная для их нормальных мест обитания, что ограничивает возможности их миграций. С другой стороны, существуют виды, уже достигшие в этом отношении совершенства регуляции и способные одинаково жить как в соленой, так и в пресной воде.

На более высоком эволюционном уровне у теплокровных вырабатываются механизмы, поддерживающие также постоянную температуру тела. При этом есть виды (например, некоторые грызуны), у которых указанная регуляция еще несовершенна и температура тела несколько колеблется в зависимости от внешней температуры. Высокое постоянство внутренней среды служит не только целям свободного передвижения (как подчеркивал это Клод Бернар, см. [2]). Консерватизм этой среды облегчает эволюционные изменения клеток и органов, поскольку тем самым они избавлены от дополнительной необходимости совмещать новые приспособления с сохранением приспособленности к целой градации физических и химических условий, возможных в неустойчивой среде. Это значение постоянства внутренней среды обычно оставалось в тени, а оно имеет очень большое значение.

Обычно постоянство внутренней среды рассматривается как результат более успешной эволюции наряду с другими признаками высокой организации. Однако возможно, что именно ранее достигнутая по каким-либо причинам стабилизация среды в ряде случаев и создавала условия для более

быстрой эволюции остальных признаков. То есть, возможно, стабилизация внутренней среды явилась не только результатом, но и одним из факторов, способствующих повышению общей организации в эволюционном процессе.

Очень многие авторы [36, 38, 31] подчеркивают всё возрастающую в процессе эволюции дифференциацию частей организма. А. А. Заварзин [6] особенно отчетливо показал, как идет дифференциация тканевая: ткани, которые на низшей ступени эволюции обладали несколькими функциями, у более развитых организмов распадаются на формы, из которых каждая берет на себя лишь часть функций. Здесь мы видим преимущества разделения труда (интенсификация функций), с одной стороны, и улучшение комбинаторики, с другой, поскольку какое-либо полезное распределение клеток с одной функцией не связано с необходимостью такого же (может быть, не полезного) распределения и других функций.

Дифференциация, однако, неизбежно должна дополняться интегрирующими механизмами, так как в противном случае может потеряться соответствие в развитии и функциях различных подсистем.

Мы не будем подробно останавливаться на общеизвестных механизмах обратных связей, тем более что их роль неспецифична для биологических механизмов и была подробно разработана в других работах [20, 14, 15]. Укажем лишь, что процессы стабилизации достигаются здесь, как и в технических системах, благодаря отрицательной обратной связи (например: гипофиз — половая железа; половая железа петуха — его гребень и пр.). По этому типу идет регуляция давления крови, сохранение равновесной позы и т. д. Даже в звездных структурах правилом, по-видимому, является наличие обратной связи периферических органов с центральным, при этом обычно так, что центральный орган стимулирует периферические, а периферические его угнетают.

Однако в первом периоде развития мы наблюдаем по преимуществу положительные обратные связи. С точки зрения биолога, их можно разбить на два типа. Во-первых, это собственно положительные связи, где два звена стимулируют друг друга (взаимодействие по типу «плюс—плюс», в терминологии М. М. Завадовского) [20, 14]. Пример представляют взаимоотношения матки и плода: матка стимулирует развитие плода, создавая для этого необходимые условия; плод стимулирует развитие матки, которая под его влиянием вырастает в несколько раз. Другим примером являются случаи, когда вещества, выделяемые определенной тканью, усиливают ее же дальнейшее развитие и способствуют превращению

других тканей (с незавершенным развитием) в ту форму, которая выделяет эти вещества (случаи «фри-мартингов» у коров, где гормоны близнеца-самца приближают даже строение половых желез близнеца-самки к мужскому типу, и др.). Второй тип положительной обратной связи — взаимное угнетение двух органов («минус—минус»). Оба направления влияния сходны, что дает основание эту связь также называть положительной. Сходство с положительной связью видно и по результатам: тенденция не к равновесию, а к его нарушению. Но в других отношениях имеются отличия. Там, где должна возникнуть полярность с градиентом (обмена, например), падающим по длине организма, по-видимому, имеется тенденция к взаимному угнетению на двух концах оси организма. Любой внешний толчок, давший преимущество одному полюсу, позволяет ему усилить угнетение противоположного и тем самым, ослабив его тормозящее действие на себя, усилиться еще больше. Процесс идет до конца, до достижения физиологически возможных пределов.

Приведем еще более наглядный пример. При сшивании боками двух тритонов различного пола у них создается обмен гормонами. И мужские, и женские железы подвергаются угнетению противоположным полом (взаимно тормозятся), но так как данное равновесие по типу неустойчиво, то железы одной особи (обычно самца) все же начинают немного сильнее тормозить противоположный пол и, освобождаясь тем самым от его торможения, сами восстанавливаются, а его угнетают и далее (Витчи; цит. по [35]).

Биологический смысл этого явления понятен: такой механизм обеспечивает то, что невыгодный для размножения гермафродитизм (наличие желез обоего пола) автоматически устраняется и поэтому представляет собой сравнительно редкое явление.

Особая категория обратных связей существует тогда, когда для организма какая-либо функция выгодна только в двух крайних формах (сон—бодрствование; накопление мочи—мочеиспускание и т. д.) и невыгодна в промежуточных. Такие систематические переходы от одного крайнего положения к другому автоматически создаются сочетанием положительных и отрицательных обратных связей [20, 14].

О некоторых специфических биологических чертах структуры обратных связей мы скажем ниже. Однако обратные связи — лишь механизм регуляции, один из типов тех обязательных кирпичей, которые слагаются в общую архитектуру связей организма.

Ниже мы кратко остановимся на этой общей архитектуре, сейчас же необходимо сказать несколько слов о путях раз-

вития организма из относительно недифференцированного, оплодотворенного яйца.

Здесь следует указать, что хотя организм чрезвычайно полно запрограммирован в наследственном коде, но всё, что может быть не запрограммировано, в программу не включается или включается как одна из возможностей, а не как жестко обусловленная необходимость. Так, у ряда организмов на первом этапе развития необходимо возникновение полярности, например, определяющей будущее направление оси «голова—хвост» с вытекающим из этого будущим распределением органов и т. д. Таково же определение плоскости симметрии, делящей организм на сходные правую и левую стороны и т. д. Необходимость развития этих осей, плоскостей (а потом органов и тканей) запрограммирована в наследственной записи. Но направление и местоположение осей, плоскостей и пр., по крайней мере у многих видов животных, заранее еще не определено. Оно обуславливается у некоторых видов чисто внешними факторами: случайным неравенством температуры (например, более высокая температура стимулирует развитие головного конца), местом вхождения в еще неоплодотворенное яйцо оплодотворяющего его сперматозоида (ориентировка плоскости симметрии), прилеганием к материнским тканям, направлением силы тяжести и т. д. Все перечисленные факторы могут быть случайны в том смысле, что они могут быть ориентированы по отношению к яйцу так или иначе. Но все они необходимы в том отношении, что они непременно действуют на яйцо, и, следовательно, его оси, плоскости и пр. неизбежно будут тем или иным образом определены.

Такой вероятностный путь определения развития организма имеет но крайней мере два полезных для организма значения. Во-первых, он, уменьшая (без вреда) определенность «записи» в яйце, иногда этим самым уменьшает и необходимый объем «записи» (безразлично, в хромосомном аппарате или в общей структуре яйца). Во-вторых, данный путь в ряде случаев увеличивает гибкость развития, так как некоторые из определенных средой признаков одновременно являются и адекватным ответом на воздействие самой среды, приспособлением к ней. На более поздних стадиях это отчетливо видно у отдельных растений. Живя в полугорных районах, они могут образовать и горную форму, отличающуюся морфологией, похожей на чисто горные растения, и низинную, в зависимости от того, в какую среду попадут. Обе формы «запрограммированы» в них как возможности, реализация же обуславливается средой.

Не менее ясно рассматриваемый путь проявляется на ранних стадиях развития. Яйцо делится сначала на две клетки, затем на четыре и т. д. Возникающие клетки занимают со временем определенное место в организме, развиваются в органы единого целого организма. Но если по тем или иным причинам, искусственно или естественно, первые две клетки, на которые разделилось яйцо, отделяются друг от друга, то дальше из каждой развиваются самостоятельные гармонические организмы (у человека — так называемые однояйцевые близнецы)¹⁰. Это возможно только потому, что в яйце и в возникающих из него клетках имеется не жесткая «запись» развития, а «запись» реакции на окружающую клетку условия: если с одной стороны клетки (после первого деления яйца) находится другая такая же клетка, дальнейшее ее деление и развитие пойдет так, что из нее разовьется только часть целого организма. Если же воздействия сестринской клетки нет, а есть внешняя среда, та же, что и с другой стороны, то развитие пойдет по-другому, и из клетки разовьется целый организм.

Впрочем, этот вероятностный путь определения развития касается не только влияний внешней среды. Так, когда у амфибий развивается слуховой пузырек, то он далее формирует окружающую его капсулу. Под его влиянием (вероятно, химическим) подвижные клетки мезенхимы¹¹ передвигаются к нему и образуют вокруг него скопление, уплотняющееся в капсулу. При этом заранее не определено, какие именно из окружающих клеток войдут в нее. Дело решается, видимо, тем, какие клетки оказались в данный момент ближе (и, может быть, немного подвижнее или чувствительнее), чем другие. Этим также обеспечивается большая гибкость и экономичность развития, чем при жестком влиянии на строго определенные клетки.

Аналогично могут формироваться сложные нервно-психические реакции из более простых: из ряда возможных более или менее эквивалентных реакций в цепь включаются те, которые находятся в данный момент в «большей готовности».

Таким образом, в формировании тех или иных систем организма (общей формы, отдельных органов, систем поведения и т. д.) для очень широкого круга случаев характерно

¹⁰) В случае так называемых регулятивных яиц.

¹¹) Мезенхима — совокупность однородных клеток, находящихся у зародыша в так называемой первичной полости, между зародышевыми листками, и происходящих главным образом из среднего и частью из наружного зародышевого листка. Мезенхима дает начало развитию соединительной ткани (включая хрящ и костную ткань) и некоторых других образований.

не жесткое определение входящих в системы элементов (и выбора пути развития), а вероятностное, которое обеспечивает большую гибкость и экономность процесса.

Не останавливаясь на сказанном детальнее, можно указать, что там, где система строится путем подбора из отдельных единиц (клеток, реакций и т. д.), она, естественно, создается из наиболее активных, подвижных элементов (как это сформулировал в общей форме для подобных сложных систем И. Ф. Ковалев), а в случае дальнейшего обмена элементов со средой она сохраняет, напротив, наиболее устойчивые [8].

Система развития организма, как мы говорили, должна совмещать высокоорганизованные приспособления (что достигается в основном различного рода жесткими структурами) с гибкостью и надежностью (живучестью). Это в значительной степени обеспечивается чередованием жестких этажей организации с теми уровнями, на которых такие приспособления представлены во множественном (или хотя бы двойном) числе. Однако повышение надежности в организме достигается не только точным или почти точным повторением структур (множественность долек печени, зубов, парность глаз), но и обеспечением одной и той же функции различными путями (Дж. Баркрофт). Так, симпатическая нервная система главным образом мобилизует органы к действиям, связанным с внешней активностью организма (борьбой, бегством и т. д.). То же самое несколько медленнее, но устойчивее достигается поступлением в кровь гормона мозгового слоя надпочечников — адреналина. Обе системы имеют общие звенья и взаимодействуют, но всё же, это не один, а два, к тому же разнотипных механизма. Процессы дыхания также регулируются не одним только центром в нервной системе. Когда выбывает почему-либо из строя один, его замещает другой, хотя и работающий менее совершенно. Дж. Баркрофт указывает, что даже одни и те же функции пищеварения обеспечиваются повторно, хотя и путем несколько различных механизмов, на разных отрезках пищеварительного канала: амилолитическую функцию (расщепление крахмала) представляют и слюнная железа, и поджелудочная; расщепление белков производится в желудке и поджелудочной железе [2].

В некоторых случаях организация функций идет по особому типу взаимного контроля двух почти антагонистически действующих систем. Например, вегетативная нервная система¹²⁾ распадается на два отдела: симпатический и пара-

¹²⁾ Управляющая главным образом функциями организма, не зависящими прямо от нашего сознания: сердечно-сосудистой системой, пищеварительной функцией, расширением зрачка и т. д.

симпатический. Почти каждый орган иннервирован нервами обоих типов, причем их действие, как правило, противоположно. Сильно схематизируя, некоторые авторы формулируют их функции следующим образом: симпатическая система мобилизует организм к внешней активности, повышая тонус мышц, их кровоснабжение, тонус центральной нервной системы, расширяя зрачок, сужая кожные сосуды и, напротив, снижая активность кишечника и другие процессы, способствующие питанию и восстановлению. Роль парасимпатической системы в основном противоположна, поэтому в ряде случаев недостаток функции одной системы может быть отчасти компенсирован снижением влияния противоположной системы (например, расширения зрачка можно добиться и раздражая симпатические волокна, и выключив парасимпатические). Двойной контроль функций, очевидно, обеспечивает наиболее точное подвижное равновесие, лучшую надежность и быстроту реакции, хотя возможно, что имеются и иные организационные преимущества у данного типа регуляции, нам еще не до конца ясные. Следует к тому же добавить, что симпатическая система дублируется (как упоминалось выше) гормонально (адреналином), и что возможны также гуморальные¹³⁾ влияния, аналогичные действию парасимпатической системы.

Аналогичные антагонистические системы представлены двумя видами реакций на патогенные агенты. Один вид реакций связан с усилением воспалительных явлений, другой (зависит от глюкокортикоидов — группы гормонов коры надпочечника) — с активным подавлением их [24].

Все эти частные соотношения (обратные связи, подсистемы двойного обеспечения или антагонистической регуляции) входят в общую систему организма, отличающуюся своеобразной организацией, которую несколько условно можно назвать иерархической. В ней, согласно А. А. Ляпунову, можно отметить такой порядок взаимоотношений медленно действующих и быстродействующих управляющих систем, что первые (например, генетические влияния) определяют характер работы вторых (нервной системы, гуморальных и др.), но не наоборот.

Не останавливаясь подробнее на данной, хотя и весьма важной, стороне организации, следует указать на другую, связанную, в частности, с действием нервной системы. Можно, вероятно, считать правилом, что отдельные органы, зависящие от центральной нервной системы (глаз, сердце, мочевой пузырь и др.), обладают обычно определенным

¹³⁾ То есть химические, через кровь и другие жидкости организма.

аппаратом, локализирующимся или в нервных узлах самого органа, или в низших отделах спинного мозга (например, аппарат мочеиспускания). Эти саморегулирующиеся системы обуславливают автоматическую деятельность органов (сердечное сокращение, обмен жидкости в глазу, периодическое мочеиспускание и т. д.). В то же время в высшие центры поступает не детальная, но лишь обобщенная информация о результатах этой деятельности и о состоянии органа, достаточная для того, чтобы на ее основании осуществлять координацию отдельных органов и функций. Сказанное относится, по-видимому, и к первичному обобщению получаемой зрительной информации в сетчатке глаза и передаче ее в высшие центры уже в переработанном виде.

В свою очередь, и вмешательство центральной нервной системы, как правило, имеет не детальный характер. Оно идет чаще всего по одному из двух путей. Один путь — изменение настройки саморегулирующихся подчиненных систем без детального вмешательства или подмены их функций. Так может измениться темп сердцебиений, хотя отдельные сокращения сердца не стимулируются прямо из центра: меняются лишь условия работы местной стимулирующей системы.

Аналогично может измениться режим мочеиспускания, хотя непосредственно процесс все же будет определяться низшими центрами, и т. д. Другой путь (менее типичный), — обходной, например через систему произвольных мышц (ускорение мочеиспускания произвольным увеличением внутрибрюшного давления брюшным прессом; задержка — путем включения произвольного сфинктера¹⁴⁾ и т. д.).

Таким образом, отдельные органы обладают значительной автономией и саморегуляцией. Высшие центры вмешиваются, не программируя детально их работу. Данные центры в основном лишь изменяют их настройку (это относится к органам, не подчиняющимся произвольному управлению) или включают и выключают их как целое, если это органы, подчиняющиеся произвольному управлению. В свою очередь и информацию высшие центры получают, как правило, в обобщенной, сжатой форме, достаточной лишь для того, чтобы проводить координацию подчиненных органов и функций. Эта система обеспечивает максимальную разгрузку высших центров и минимальное нарушение (благодаря вмешательству этих высших центров) работы регуляторных механизмов низшего порядка.

¹⁴⁾ Сфинктер — мышечный зажим, запирающий выход из какой-либо полости и препятствующий удалению содержимого.

После такого краткого и по самой постановке проблемы достаточно абстрактного рассмотрения биологических систем, естественно, возникает вопрос: насколько изложенные здесь некоторые принципы их организации являются всеобщими, т. е. насколько они приложимы кроме живых объектов и к неживой природе, обществу, техническим системам?

По частному вопросу — о системах дискретных (корпускулярных) и жестких — ответ уже дан выше. Такие системы в принципе могут встречаться на любом уровне сложности, сохраняя свои основные особенности и подчиняясь свойственным им закономерностям. Но для того, чтобы дать ответ в более общей форме, надо сначала рассмотреть специфические отличия биологических систем вообще от систем неживой природы, с одной стороны, и от систем высшего типа, общественных (и порождаемых ими технических), с другой.

Если сравнивать живые системы с системами неживыми, стихийно складывающимися в природе («косная материя», по В. И. Вернадскому), то основное отличие динамической структуры живых систем заключается в их способности к ауторепродукции, то есть к усвоению элементов внешней среды и к воспроизведению из них систем, подобных себе: молекул ДНК или белка, клеток, целых организмов и т. д. Эта способность, которую можно также назвать способностью к ассимиляции, порождает многие другие общие особенности биологических систем: рост клеток и организма (путем ауторепродукции молекулярных и клеточных единиц), размножение в геометрической прогрессии, наследственность, заключающуюся в точном характере ауторепродукции, и в частности в ауторепродукции «наследственных записей» в хромосомах. Наконец, и изменчивость, или отклонения от точной репродукции, приобретает значение для эволюции только вследствие того, что изменившаяся форма (мутация) также способна воспроизводить себя, сохраняя новые черты, полученные после изменений.

В результате избыточной ауторепродукции с неизбежностью возникает естественный отбор. Все значение ауторепродукции как фундамента всех жизненных явлений и основы эволюционного процесса прекрасно понимал Ч. Дарвин, когда в заключении своего «Происхождения видов» он писал: «Все эти прекрасно построенные формы, столь различные между собой и так сложно одна от другой зависящие, были созданы благодаря законам, еще и теперь действующим вокруг нас. Эти законы в самом широком смысле суть рост и воспроизведение; наследственность, почти необходимо вытекающая из воспроизведения; изменчивость, зависящая от прямого или косвенного действия условий жизни,

от упражнения и неупражнения; прогрессия размножения столь высокая, что она ведет к борьбе за жизнь и к ее последствию — естественному отбору, влекущему за собой расхождение признаков и вымирание менее совершенных форм» [4, с. 449–450].

Благодаря ауторепродукции простой отбор, в неживой природе только сохраняющий уже имеющиеся устойчивые формы, превращается в естественный отбор, который связан с размножением сохранившихся форм и с накоплением у них все новых полезных признаков. В живых системах таким путем происходит суммация полезных изменений и вытеснение вредных. Все это коренным образом отличает живые системы от стихийно сложившихся систем неживой природы и ведет путем длительной эволюции к созданию сложнейших приспособлений, завершающихся, наконец, возникновением высших форм жизни и человеческого общества.

Общественные системы сохраняют способность к ауторепродукции, но переносят ее и в новые области; возникает, в частности, репродукция (хотя и не самовоспроизведение) различных произведений человека по удачно созданному образцу: технических приспособлений и т. д. Поэтому и отбор также переносится из области живых организмов в область продуктов общественной жизни — от машин до идей.

Однако не это самое существенное отличие социальных систем от биологических. Биологические системы способны эволюционировать лишь путем суммации изменений, полезных каждое в отдельности. Поэтому им недоступны многие усовершенствования, которые, могли бы возникнуть путем соединения нескольких изменений, по отдельности снижающих приспособленность. Нетрудно показать, что вероятность одновременного появления у одной особи даже только трех вредных изменений, да к тому же таких, что вместе они, напротив, повышают приспособленность, практически равна нулю. Если же эти вредные мутации возникают порознь, то отбор их уничтожит как отрицательные, прежде чем они смогут объединиться и дать положительный эффект. Природа такие комбинации создавать и использовать не может, так как усовершенствования в ней возникают в результате стихийного процесса отбора и никакая самая большая, но отдаленная выгода для вида не может повести к распространению признаков, которые в данный момент хотя бы немного вредны. Это иллюстрируется интересным экспериментом Н. В. Тимофеева-Ресовского [39], который, искусственно комбинируя у дрозофилы мутации, понижающие жизнеспособность, получил комбинацию, даже более жизнеспособную, чем нормальная форма. Очевидно,

что природа подхватила бы такую комбинацию, и, доработав ее в деталях путем естественного отбора, могла бы закрепить. Но в природе данная комбинация и не могла возникнуть, поскольку каждая мутация в отдельности уничтожалась в борьбе за существование. Таким образом, естественный отбор, выражаясь образно, близорук [29]. Для эволюции открыты многие, но все же не все пути [40]. Есть пути «запрещенные». Ярким примером этого служит то, что в природе ни разу не возникло одно из давних изобретений человека — вращающаяся ось с винтом (типа парового или самолетного) или с колесом. Принципиально вполне возможно допустить, что такое приспособление могло бы осуществиться и в некоторых условиях могло бы быть полезным. Но, при всем разнообразии органов и приспособлений большего или меньшего совершенства, которые возникали за сотни миллионов лет в миллиардах организмов, подобное приспособление, по-видимому, не появлялось ни разу, потому что необходимы были промежуточные стадии, которые снизили бы жизнеспособность на несколько поколений, которые погибли бы в соревновании с прежней формой. Напротив, человек в своем техническом творчестве способен заранее предвидеть и планировать новые усовершенствования и создавать в том числе и те, которые для биологической эволюции недоступны. Первенство по сложности и по «отшлифованности» приспособлений, возможно, еще долго останется за живой природой. Но научно-техническое творчество человека опередило эволюцию не только по материалам и по энергетическим источникам, но и по качественной широте возможных путей.

То же в значительной степени относится и к общественному развитию. И здесь способность предвидеть результаты дает возможность создавать формы, которые стихийно или вовсе не могли бы возникнуть, или же потребовали бы колоссальных периодов времени, если бы шли, как в биологических системах, путем проб и ошибок либо окольными путями. Наиболее ясно роль такого прогнозирования видна в предвидении (сделанном почти за столетие) основных очертаний социалистического строя. Оно сыграло огромную роль, организуя и колоссально ускоряя социальные движения; но и любая заранее планируемая рядовая реформа, тем более связанная с первоначальными временными невыгодами, служит примером такой же роли прогнозирования в общественных процессах, открывающего пути, недоступные по типу для биологической эволюции.

Учитывая все сказанное, мы можем отчасти ответить на вопрос о применимости рассмотренных нами некоторых

принципов организации биологических систем в других областях. Очевидно, что в области неживой природы применимы лишь немногие, наиболее общие принципы организации из отмеченных нами в биологических системах. Эти принципы можно использовать лишь постольку, поскольку они не предполагают ни ауторепродукции элементов, ни той сложной структуры, которая характеризует живые системы на данном этапе их развития.

Что касается общественных и технических систем, то общность принципов между ними и живыми системами больше, так как и там, и тут имеются сложные самоорганизующиеся и саморегулирующиеся системы наряду с процессами репродукции и ауторепродукции.

В то же время биологическим системам присущи некоторые «запрещенные» пути развития благодаря стихийному характеру основной движущей силы эволюции — естественного отбора. Отбор неспособен к прямому созданию сложных приспособлений, требующих хотя бы временного снижения приспособленности. Напротив, для общественных и технических систем эти пути открыты¹⁵⁾. А обходные пути — принцип смены функции [5] — очень медленны, к тому же и они, видимо, позволяют использовать в природе далеко не все технически возможные формы организации.

Но, помимо общих различий, надо указать, что и конкретные формы организации биологических и общественных систем пошли по различным путям.

Развитие особи у высших форм дает примеры очень высокой организации; но, в отличие от вида в биологии и от общества на том или ином социальном уровне, несмотря на всю (отмеченную нами выше) гибкость развития, отдельная особь все же запрограммирована в некоторых отношениях более жестко. Это значит, что определены пределы ее роста, развития и длительности жизни. И вид, и общество, теоретически говоря, могут развиваться безгранично. У особи запрограммирована ее смерть, так как эта смерть полезна для вида, для его эволюции, особь же не существует вне вида. Особь при всем совершенстве ограничена в развитии.

Вид в целом также резко отличается по своей организации от общества. В обществе по мере развития все более устанавливаются разнообразные, координирующие его функции, связи — от простых средств связи, осуществляемой

¹⁵⁾ Яркий, чисто биологический пример — возможность для человека создать высокоурожайную гибридную кукурузу, которую природа не могла создать, так как для большого конечного эффекта требуется поддержание малоурожайных промежуточных инбредных линий.

посредством транспорта и информации, до связей экономических, идейных и политических. В этом отношении, создавая известную иерархию связей (не обязательно выраженную в иерархии классово-й и даже сй в конечном счете противоречащую), общество по сложности и типу организации приближается к наиболее высокоразвитым организмам, без их, однако, заранее заданной ограниченности развития.

Вид, напротив, в основном эволюционирует не путем повышения своей целостности (как общество), а посредством усовершенствования составляющих его особей. Он не ограничен в сроках развития и пространственно (в отличие от особи), но ограничен в типе развития, в возможностях координации.

Таким образом, общественный уровень развития систем помимо ряда других особенностей, неоднократно уже отмечавшихся, выше уровня биологических систем: 1) по способности самоорганизации через прогнозирование и 2) по сочетанию сложной и возрастающей координации в развитии, недоступной на уровне вида, с неограниченным характером эволюции, недоступным для самой высокоразвитой особи. Это резко отделяет биологический уровень от общественного и делает любые аналогии биологической системы в целом (клетки, особи, вида) с обществом несобоснованными, что не раз отмечал Ф. Энгельс [21].

Однако сказанное не исключает того, что ряд закономерностей или частных организационных форм могут быть сходными на различных уровнях, что мы видели на примере дискретных и жестко фиксированных систем. То же мы видим по частным поводам в бионике, сближающей технику и биологию. Биологические системы, накопившие за миллионы лет сложнейшие приспособления, — чрезвычайно важный и благодарный объект для изучения принципов организации систем.

Литература

1. Астауров Б. Л. Первичные механизмы биологического действия ионизирующих излучений // Труды Московского общества испытателей природы. Т. VII. Ч. 3. 1963. С. 140–161.
2. Баркрофт Дж. Основные черты структуры физиологических функций. М.: Биомедгиз, 1937.
3. Богданов А. А. Вссобщая организационная наука (тектология). Т. I. 3-е изд. М.: Книга, 1925; Т. II. 3-е изд., 1927; Т. III. 2-с изд. 1929.

4. *Дарвин Ч.* Происхождение видов. Сельхозиздат, 1952.
5. *Дорн А.* Принцип смены функций. М.: Биомедгиз, 1937.
6. *Заварзин А. А.* Об эволюционной динамике тканей // Архив биологических наук. Т. 36. Серия А. Вып. 1. 1934.
7. *Кирсанов А.* Теория Митчерлиха, ее анализ и практическое применение. М.—Л., 1930.
8. *Ковалев И. Ф.* Второй закон термодинамики в индивидуальной и общей эволюции живых систем // Вопросы философии. 1964. № 5.
9. *Когхилл Дж. Э.* Анатомия и проблема поведения. М., Биомедгиз, 1934.
10. *Колбановский В. Н.* О некоторых спорных вопросах кибернетики // Философские вопросы кибернетики. Соцэкгиз. 1961.
11. *Ленин В. И.* Полное собрание сочинений. Т. 32. С. 201.
12. *Лопашов Г. В., Строева О. Г.* Развитие глаза в свете экспериментальных исследований. Издательство АН СССР, 1963.
13. *Ляпунов А. А.* Об управляющих системах живой природы // Проблемы кибернетики. 1963. Сб. 10.
14. *Малиновский А. А.* Типы управляющих биологических систем и их приспособительное значение // Проблемы кибернетики. 1960. № 4.
15. *Малиновский А. А.* Обратные связи в биологических, в частности в патологических системах // Применение математических методов в биологии. Сб. 1. Л.: Издательство ЛГУ, 1960.
16. *Малиновский А. А.* Значение качественного изучения управляющих систем для теоретической биологии // Применение математических методов в биологии. Сб. 3. Л.: Издательство ЛГУ, 1964.
17. *Малиновский А. А.* Роль генетических и фенотипических явлений в эволюции вида. Часть 1. Плейотропия // Известия АН СССР. Серия биологическая. 1939.
18. *Малиновский А. А.* Закономерности наследственности в свете дарвиновского учения об отборе // Успехи современной биологии. 1941. Вып. 1.
19. *Малиновский А. А.* Объединение полезных признаков в процессе естественного отбора // Рефераты работ учреждений Отделения биологических наук АН СССР за 1941—1943 гг. М.—Л.: Издательство АН СССР, 1945.
20. *Малиновский А. А.* Типы взаимодействия и их значение в организме // Рефераты работ учреждений Отделения биологических наук АН СССР за 1941—1943 гг. М.—Л.: Издательство АН СССР, 1945.

21. *Маркс К., Энгельс Ф.* Сочинения.
22. *Мюллер Ф., Геккель Э.* Основной биогенетический закон. Издательство АН СССР, 1940.
23. *Северцов А. Н.* Главные направления эволюционного процесса. М.: Биомедгиз, 1934.
24. *Селье Г.* Очерки об адаптационном синдроме. Медгиз, 1960.
25. *Талиев В. И.* Единство жизни. М.: Госиздат, 1925.
26. *Тимирязев К. А.* Историческая биология и экономический материализм в истории // Исторический метод в биологии. М., 1922.
27. *Тимирязев К. А.* Чарлз Дарвин // Памяти Дарвина. М.: Научное слово, 1910.
28. *Уоддингтон К. Х.* Организаторы и гены. М.: ИЛ, 1947.
29. *Холден Дж. Б. С.* Факторы эволюции. М.: Биомедгиз, 1936.
30. *Чайлд Ч. М.* Роль организаторов в процессах развития. М.: ИЛ, 1948.
31. *Шмальгаузен И. И.* Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии. М.: Издательство АН СССР, 1938.
32. *Шредингер Э.* Что такое жизнь с точки зрения физики? М.: ИЛ, 1947.
33. *Эфроимсон В. П.* Введение в медицинскую генетику. М.: Медгиз, 1964.
34. *Эшби У. Р.* Что такое мыслящая машина? // Зарубежная электроника. 1962. № 3.
35. *Allen E.* Sex and Internal Secretion. Baltimor—London, 1932.
36. *Franz V.* Die biologische Fortschritt. Jena, 1935 (цит. по [31]).
37. *Harms J. N.* Wandlungen des Artgefüges. Tübingen, 1934.
38. *Miln-Edwards H.* Introduction a la zoologie generale. Paris, 1851.
39. *Timofféef-Ressowsky N. W.* Über die Vitalität einiger Genomutationen und ihrer Kombinationen bei *Drosophila funebris* und ihre Abhängigkeit von genotypischen und äusseren Milieu // Zeitschr. Ind. Abst. u. Ver. lehr. 66. 1934.
40. *Wright S.* The Role in Evolution of Mutation, Inbreeding, Crossbreeding and Selection // Proc. 6-th Int. Congr. Genet. I. 1932.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ СТРОЕНИЯ СИСТЕМ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ БИОЛОГИИ*

Основные определения

Зачатки исследования систем и структур в общем виде возникли достаточно давно. С конца XIX века эти исследования приняли систематический характер (А. Эспинас, Н. А. Белов, А. А. Богданов, Т. Котарбинский, М. Петрович и др.), а создание кибернетики дало новый решительный толчок развитию этого направления научного мышления. Вместе с тем в современной литературе часто отмечается, что теория систем лишь частично совпадает с основным направлением развития кибернетики, поскольку кибернетика изучает лишь один класс систем — управляющие системы, тогда как теорию систем интересуют все классы систем.

Теорию систем отличает от кибернетики и еще одна особенность: если в кибернетике главное место занимают формализованные методы анализа, то в теории систем на современном уровне ее развития особое значение имеет то, что можно назвать качественным изучением структур. Это, конечно, не означает, что теория систем должна строиться на основе неточных методов, но в настоящее время применение математики и других близких к ней формализованных методов в основных разделах теории систем, в частности в биологии, крайне затруднено. Дело в том, что здесь необычайно велика изменчивость параметров. Например, млекопитающие, от мыши до кита, построены в принципе по одной и той же схеме, обнаруживающей их бесспорную структурную общность. В то же время все параметры тех же мыши и кита резко различаются, так что найти для них общие количественные выражения крайне трудно.

* Источник: [1970 в]. Является результатом частичной переработки работы [1968 б]. Публикуется с сокращениями. — *Прим. ред.*

Этот, быть может несколько грубый, пример показывает, как важно найти общий системный подход к разным объектам. Количественный подход позволяет уточнить, развить системный подход, но сам по себе он не решает проблему. В этой связи интересно напомнить, что в свое время А. Н. Колмогоров, развивая взгляды В. Вольтерра о соотношении хищника и жертвы, перешел к более широким качественным методам и получил оригинальные результаты, опубликованные в 1935 г. на итальянском языке. Позднее он с полным основанием, высказывал мнение о необходимости развития качественных математических методов. Несомненно, что в ряде направлений развития биологической теории это может принести важные результаты. Но все же, как ни важны качественные методы, можно думать, что они дадут наилучший результат в том случае, если будут основываться на тщательно разработанном общем системном подходе.

Согласно Дж. Нилхему, любая система характеризуется по трем направлениям: по особенностям составляющих ее элементов, по их числу и по структуре этой системы, т. е. по типу связей, объединяющих ее элементы. Не говоря о первых двух характеристиках, на современном этапе возможно формализовать уже и структурные (несколичественные) отношения до степени абстрактности, аналогичной математическим абстракциям и, как и в этих последних, основанной на отвлечении от качества элементов, входящих в структуру. На такую принципиальную возможность указывали в свое время еще М. Петрович и А. А. Богданов.

Такая формализация на определенном уровне теории необходима, и уже в настоящее время многие исследователи именно таким образом пытаются строить теорию систем. Однако нам представляется, что чрезмерная предварительная формализация опасна тем, что она может быть не вполне адекватна задаче, а изменение четко сформулированных положений часто больше затрудняет развитие проблематики, чем не вполне точные и полные формулировки, естественно дорабатываемые в ходе дальнейших исследований. Здесь применим тот принцип, умелое использование которого К. А. Тимирязев отмечал в качестве одного из достоинств Л. Пастера: решать лишь то, что решается, не проводя преждевременных исследований в менее подготовленных областях.

При изучении систем и структур нелишне помнить и о другом общем принципе: выяснении применимости сформулированных положений как орудия для решения теоретических и практических задач, стоящих перед конкретными научными дисциплинами. Это позволяет проверять

реальность полученных выводов и вместе с тем служит источником для поиска новых направлений исследования.

Все эти предварительные соображения можно сформулировать в виде нескольких методических принципов, положенных нами в основу настоящей работы:

- 1) изучать любые типы систем, а не только управляющие;
- 2) изучение должно быть максимально абстрактным;
- 3) решать только решаемое;
- 4) по возможности применять намеченные принципы для решения конкретных теоретических и практических задач.

Чтобы закончить с предварительными соображениями, представляется необходимым условиться о применяемой в дальнейшем терминологии. Системой мы будем называть группу каких-либо единиц, возможно однородных, а в других случаях — разнородных, интересующих нас в своем единстве¹⁾. Это определение будет дополняться признаками, интуитивно приписываемыми различными авторами понятию системы. Сейчас необходимо сделать лишь некоторые уточнения.

Система может развиваться и изменяться таким образом, что изменение ее строения не мешает нам признавать в новых формах ту же систему. Решающим признаком является здесь преемственность развивающихся структур. Например, развитие организма от одной клетки до взрослого многоклеточного образования не меняет того факта, что мы признаем оплодотворенное яйцо и взрослый организм единой системой, хотя и претерпевающей различные превращения и меняющей свою структуру. В системе может меняться не только структура, но и происходить полная замена элементов. Например, в развитии общества на основе смены поколений происходит полная замена единиц — членов общества, но мы тем не менее считаем это общество в определенных границах единой системой на всех этапах ее развития. Таково, скажем, Русское государство от Ивана Грозного до Октябрьской революции. То же самое можно сказать и об античной культуре, которую обычно рассматривают как единую систему, хотя в ее развитии произошла даже смена народов и ведущая роль от греков перешла к римлянам, т. е. замена «элементов» оказалась еще более полной, чем в первом примере.

Все эти примеры показывают, что *основным в понятии системы является не ее конкретное строение и не тождественность элементов, а наличие определенных связей, меняющихся по форме и обуславливающих включение в систему то одних,*

¹⁾ Более подробно это определение рассматривается в работе [19], а также — [23].

то других элементов, но при условии сохранения преемственности между элементами и типами связи на всем протяжении развития системы.

Система может быть построена самым различным образом, и способ ее построения, особенности, характеризующие типы связей, мы будем называть *структурой*. Понятно, что структуры могут быть как необычайно простыми — в системах, состоящих из простой суммы однородных или разнородных элементов, так и чрезвычайно сложными. Из различия между понятиями системы и структуры следует, что рассмотрение типов структур представляет собой задачу, отличную от изучения развития систем, хотя частично эти задачи накладываются одна на другую.

Рассматривая строение системы и особенности ее структуры, мы будем считать, что система построена из некоторых относительно самостоятельных *единиц*, которые могут быть изъяты из данной системы и в этом смысле являются независимыми, хотя эта независимость не означает способности к длительному самостоятельному существованию. Например, система «вид» или «популяция» состоит из отдельных организмов, система «организм» состоит из клеток или в зависимости от постановки задачи из отдельных органов и т. д. Между единицами, т. е. минимальными независимыми частями системы, и системой как целым можно выделять различные *группировки единиц, имеющие самостоятельное значение*, — *звенья, блоки, подсистемы*. Теоретически можно предположить, что *каждая единица* в свою очередь является *системой низшего порядка* и также может быть разложена на блоки, звенья и единицы меньшего ранга.

В организме к звеньям, блокам и подсистемам можно отнести отдельные ткани, органы и системы органов — кровеносную, нервную и т. д. Применительно к виду звеньями являются два пола и т. д.

Рассматривая единицы, из которых состоит система, необходимо ввести понятие «элемент». *Элементом мы будем называть характеристики единиц, неспособные существовать вне связи с данной единицей*. В зависимости от постановки вопроса в единицах можно выделять различные элементы. Скажем, для кирпича это могут быть его длина, ширина, отдельные поверхности, вес и т. д. Отсюда следует, что понятие «элемент» может применяться не только к собственно элементам, но и к специфическим характеристикам системы в целом или ее отдельных блоков — различным параметрам, описывающим систему, ее особенности, отличающие ее от суммы составляющих ее единиц, или даже те особенности, которые прямо зависят от суммы составляющих.

В данном случае мы предпочитаем более общий термин «элемент» термину «параметр», так как под параметрами обычно понимаются некоторые величины, выражаемые в числах, тогда как в качестве элементов могут рассматриваться и качественные характеристики самого различного рода, например организованность, жизнеспособность и т. д., которые мы не обязательно выражаем, а иногда и просто не можем выразить в определенных величинах. Использование понятия «элемент» позволяет анализировать пути организации единиц в целостную систему. Возвращаясь к упоминавшемуся высказыванию Дж. Нидхема, следует уточнить, что в данном случае нас будут занимать в основном вопросы значения структуры в биологических системах, поскольку их можно в какой-то мере рассматривать, абстрагируясь от остальных моментов — от качества и количества единиц, хотя иногда будет возникать и проблема связи структур системы с качеством и количеством единиц. Наконец, понятие структуры будет рассматриваться в тесной связи с понятием *организации*.

Понятие организации нередко отождествляется с понятием *упорядоченности*, хотя это нельзя считать рациональным. Упорядоченность или, так сказать, «структурная негэнтропия» говорит лишь об известном отклонении от наиболее вероятного, случайного распределения элементов, входящих в организованное целое. Между тем с биологической точки зрения — а учение о системах, очевидно, не должно противоречить этой точке зрения — такая упорядоченность является лишь необходимым, но все же недостаточным условием организованности системы. Организованная биологическая система обязательно характеризуется также совершенством выполняемых ею функций. Поэтому в оценку организованности системы помимо степени упорядоченности ее элементов должен входить *характер этой упорядоченности*, ее адекватность выполняемым функциям и, наконец, достигнутый за счет организации приспособительный (функциональный) эффект. При этом вполне возможно, что в определенных случаях более высокая организация достигается не при максимальной, а при некоторой оптимальной степени упорядоченности, тогда как максимальная в данном направлении упорядоченность уже вновь снижает уровень выполнения функций. В других случаях степень упорядоченности, превосходящая определенный предел, становится почти безразличной системе.

Поясним эту мысль на простом небологическом примере. Строя стену толщиной в два кирпича, мы создаем определенную их упорядоченность. При этом возможны два

случая: щели между кирпичами первого ряда могут совпадать или не совпадать со щелями между кирпичами второго ряда. Очевидно, что степень упорядоченности в первом случае выше, так как соотношение второго типа является более вероятным с точки зрения возможности случайно обнаружить его. Однако если цемент связывает кирпичи менее прочно, чем связаны частицы самого кирпича, то стена второго типа будет явно прочнее, т. е. будет более соответствовать поставленной задаче. С аналогичным положением можно встретиться и в биологических системах, хотя там «задача» ставится самой природой и, как правило, заключается в достижении функционирования системы, наиболее полно обеспечивающего выживание особи или вида.

Таким образом, в понятие организованности биологических систем входит помимо упорядоченности степень повышения уровня реализации определенной функции, включая и возникновение совершенно новых функций. Иначе говоря, если при оценке упорядоченности мы можем учитывать ее абстрактно, независимо от ее типа и полученного эффекта, то, рассматривая организованность биологической системы, мы должны учитывать ее конкретно, относительно какой-то определенной функции и ее совершенства. Система, высокоорганизованная в одном отношении, может быть низкоорганизована в другом отношении.

Следовательно, во-первых, организованность является более узким понятием, чем упорядоченность: организованные системы являются частным случаем упорядоченных систем. Во-вторых, организованность характеризует не обязательно систему в целом, но может характеризовать ее в каком-то одном отношении, причем характеристика организованности той же системы в другом отношении может оказаться совсем иной. Например, животное, высокоорганизованное в отношении функции передвижения, может быть низкоорганизовано в отношении прямой борьбы с хищниками. Мера упорядоченности не говорит о направленности этой упорядоченности, а организация всегда предполагает более или менее определенную (хотя иногда и достаточно широкую) направленность.

Если степень упорядоченности можно в настоящее время, как правило, выражать определенной количественной мерой, то степень организованности пока не имеет определенного количественного выражения.

Среди организованных систем в свою очередь можно выделить различные их виды сообразно выполняемым ими функциям. В частности, с известным приближением можно

делить организованные системы на управляющие, исполнительные и самостоятельные системы. К последним относится, например целостный организм, объединяющий в себе в виде отдельных звеньев управляющие и исполнительные подсистемы. Таким образом, в биологии — и не только в биологии — управляющие системы являются частным случаем организованных систем. Переходя от упорядоченных систем к организованным, а от них — к управляющим, мы переходим от случаев более общих ко все более частным, специфическим.

Поэтому изучение форм организации выходит за пределы изучения только управляющих систем. В частности, в биологических системах благодаря сложности и многообразию взаимоотношений между ними изучение управляющих систем без включения других типов систем было бы затруднительно. В ряде случаев системы одного и того же типа выступают здесь то как управляющие, то как исполнительные. С другой стороны, более широкий подход к вопросу, основанный на рассмотрении всех типов систем, имеет и ряд методических преимуществ, в частности расширяет возможности сравнительного анализа систем.

Чтобы изучать формы организации, необходимо представить себе, хотя бы в общем виде, на каких принципах кроме упорядоченности того или иного типа возникает организация системы, придающая системе новые свойства по сравнению с «суммой единиц», из которых она построена. Не претендуя на исчерпывающий ответ, можно попытаться сформулировать такого рода принципы применительно к достаточно широкому классу систем. Обратимся сначала к простому примеру.

Представим себе, что перед нами груда кирпичей, являющихся единицами для построения некоего замкнутого образования, будь то колодец или замкнутое пространство, огороженное стеной, для животных. Совершенно очевидно, что отдельный кирпич не может предотвратить ни отток воды, ни уход передвигающегося на плоскости животного, хотя он все же является некоторым препятствием: жидкость или мелкое животное могут двигаться в любом направлении, но они должны обойти кирпич, если он лежит на их пути. С этой точки зрения можно в простейшем случае выделить два элемента кирпича: плоскость, перпендикулярную к движению, препятствующую этому движению, и плоскость, параллельную движению, которую мы условно назовем проходной. Если сложить рядом два кирпича, то «препятствующие» моменты сближаются и удваиваются, а «проходные» частично взаимонейтрализуются: вместо двух препятствующих и четырех проходных теперь будет те же два препятствующих, но уже

всего два проходных (так как другие два сомкнулись на месте соприкосновения кирпичей и перестали быть проходными). Складывая кирпичи в стену, мы взаимонейтрализуем все больше проходных элементов, оставляя лишь два на концах стены. Но если стена образует замкнутый квадрат, то ее конечные проходные плоскости также смыкаются и исчезают. Когда такая стена уложена, то пространство внутри ее оказывается полностью замкнутым одними препятствующими плоскостями. Стенки колодца или загона для животных замыкаются, и система приобретает принципиально новую особенность, функционально выражающуюся в способности удерживать находящиеся внутри нее подвижные элементы.

В этом примере мы имеем дело со сравнительно простым случаем организации, в котором новые свойства системы возникают благодаря сложению одних элементов, единиц и взаимной нейтрализации других до тех пор, пока взаимная нейтрализация последних не оказывается полной. В более общей формулировке организацию не обязательно сводить к простому сложению и взаимному вычитанию элементов. По-видимому, правильнее будет говорить о неравномерном взаимодействии элементов тех единиц, которые складываются в организованную систему.

Приведем еще два примера. Первый из них касается психологической проблемы возникновения художественного образа при соединении составляющих, которые сами по себе не имеют еще художественного значения, — красок, слов, понятий и т. д. Наиболее ясно такое возникновение можно проследить на простейших формах художественного образа, в частности на сравнении или метафоре. Когда, например, поэт пишет: «Седую гривой машет море», у читателя, как правило, возникает картина мощных валов с белыми («седыми») гребнями, ритмично вздымающимися на широком морском просторе, — картина, связанная с ощущением свободы, силы и, может быть, опасности. Откуда это? Ни в словах «седая грива», ни в слове «море», ни даже в подразумеваемом здесь слове «волна» ничего этого как будто бы нет. Однако следует помнить, что при организации системы, обладающей новыми свойствами, мы всегда можем предполагать, что объединяемые единицы (в данном случае слова-понятия, в том числе и подразумеваемые) являются сложными. Так, слово «грива» может ассоциироваться и с конской гривой, и с львиной, и даже с человеческой «гривой». Еще сложнее подразумеваемое в приведенном сравнении слово-понятие «волна»: это может быть мелкая рябь и штормовая волна, волна на песке и радиоволна,

волна народного возмущения и волна как абстрактное научное понятие. Все эти возможные смыслы, естественно, в порядке условной связи вызываются при произнесении этого слова. Но наглядно они очень плохо совместимы. Поэтому они взаимно нейтрализуются. Становясь широким, слово теряет свою наглядную и эмоциональную выразительность. То же, хотя и в меньшей степени, касается слова «грива». При этом почти все ассоциации, группирующиеся вокруг слов-понятий «волна» и «грива», различны. Различен материал, форма, смысл. И все же среди них есть нечто общее — в форме, цвете, в движении размашистой морской волны и «седой гривы». Сближая их, мы сразу усиливаем сходные элементы отбрасываем все несходное. Отпадают и волна на песке, и волна народного возмущения, и мелкая рябь и т. д.: они подавляются благодаря полному несоответствию с «машущей гривой». Остается та единственная форма волны, которая удовлетворяет этому соответствию. Она, если можно так выразиться, оставшись без конкурирующих, нейтрализованных ассоциаций и даже будучи суммированной со сходным образом «седой гривы», сразу заполняет своей наглядностью все поле сознания, всю сферу эмоций читателя или слушателя. Экономность средств обеспечивает не только точность и единственность образа, но и его одномоментное возникновение. Аналогично можно интерпретировать и создание художественного образа в живописи и других видах искусства: взаимное исключение всего несовместимого (наглядно или эмоционально) в организуемых звеньях образа и освобождение и взаимное усиление сходного.

Другой пример касается возможного действия сложных лекарственных веществ. Рассмотрим в качестве иллюстрации сочетание кофеина и бромистого натрия, рекомендуемое И. П. Павловым. По его словам, это сочетание предложила М. К. Петрова, а он первоначально отверг его. Кофеин усиливает процесс возбуждения, а бромистый натрий — торможение. Павлов считал эту смесь бессмысленной, так как действие одного составляющего нейтрализуется действием другого. На деле же это сочетание оправдало себя. Разгадка, по-видимому, состояла в том, что торможение есть не простое «минус возбуждение», а активный процесс его подавления. В центральной нервной системе временно сосуществуют районы торможения и возбуждения, и их недостаточная контрастность может приводить к патологическим последствиям. Создание предпосылок для усиления возбуждения повышает эту контрастность, как и возможность более глубокого торможения. Если в отношении общей тенденции к возбуждению

или торможению всей нервной системы кофеин и бром более или менее антагонистичны, то для увеличения контрастности соседствующих возбужденных и заторможенных центров они оказываются синергистами, что уже является полезным²⁾. Это можно изобразить графически (схема 1).

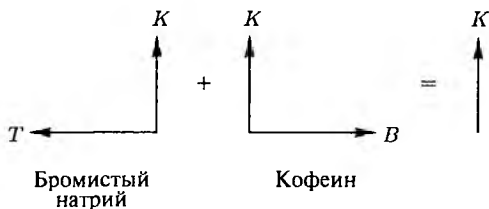


Схема 1

На оси абсцисс здесь изображено влияние соответственно бромистого натрия и кофеина на общий перевес процессов торможения (T) или возбуждения (B) в центральной нервной системе. В этом отношении действие кофеина и бромистого натрия антагонистично и в конечном эффекте взаимно нейтрализуется полностью (как изображено на схеме) или отчасти. Зато влияние на контрастность (K) локальных участков торможения и возбуждения складывается, и в конечном эффекте в основном возрастает именно эта величина со всеми последствиями. Мы не изобразили здесь целый ряд других влияний брома и кофеина, которые не имеют значения в данном случае и часто остаются подпороговыми: раздражающее влияние брома на слизистые и кожу, действие кофеина на сердце и сосуды вне нервной системы и т. д. Мы лишь проиллюстрировали возможное толкование взаимодействия бромистого натрия и кофеина в разрезе, отмеченном И. П. Павловым. Без специального анализа в каждом отдельном случае нельзя настаивать на определенном толковании этой проблемы, но несомненно, что самый принцип подхода с суммацией основного эффекта и без суммации побочных в фармакологии нередок. Так в известной микстуре Бехтерева соединяется тормозящее (успокаивающее) действие того же бромистого натрия и кофеина, хотя механизм здесь несколько иной.

Переходя в эволюционную область, можно отметить, что различие разновидностей одного вида, которое могло бы

²⁾ По представлению И. П. Павлова, большая контрастность ведет вследствие отрицательной индукции к лучшей концентрации и дифференциации процессов возбуждения и торможения.

быть достигнуто одной крупной мутацией, чаще достигается суммированием эффекта ряда разных (неаллельных), но подобных по проявлению мутаций. Это, очевидно, объясняется тем, что обычно крупные полезные мутации наряду с основным положительным признаком обуславливают и существенный, чаще всего нежелательный побочный эффект, тоже достаточно массивный. Мелкие же мутации, хотя они и могут тоже иметь пропорциональные нежелательные эффекты не могут быть подобраны так, что последние противоположны и нейтрализуются, или хотя бы столь различны, что не суммируются и при малом их значении не переходят опасной границы. Графически такие мыслимые случаи изображены на схемах 2 и 3.

Здесь горизонтальной стрелкой (Π) изображено полезное изменение цвета. Мутация (M) на схеме 2 вполне могла бы обеспечить это изменение, но ее дополнительный крупный признак X (например, сдвиг оптимального для организма значения внешней температуры) слишком велик, и мутация, улучшая окраску, делает животное неприспособленным в другом отношении. Иное дело при суммации мелких мутаций (m_1, m_2, m_3, m_4 на схеме 3). Здесь каждое направление (угол) стрелки означает действие на новый признак. Мутация m_1 вполне подобна мутации на схеме 2, но ее признаки слабее выражены; m_2 усиливает ее основной признак (Π), но нейтрализует вредное действие признака x , так как имеет противоположный признак ($-x$). У мутаций m_3 и m_4 тоже есть дополнительные (невыгодные) признаки y и z . Они даже не нейтрализуются при суммации, но их величина мала и может не быть существенной для жизнеспособности особи. А общий итог по основному признаку — тот же, что у крупной мутации на схеме 2.

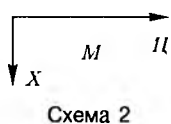


Схема 2

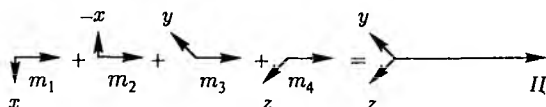


Схема 3

Изложенный путь создания новых свойств системы (по сравнению с составляющими их единицами) является, видимо, достаточно частым, хотя по-разному обнаруживается у разных типов систем. Когда мы переходим к проблеме форм организации живых систем, в качестве одного из основных выдвигается вопрос о том, как обеспечивается определенная функция структурой системы, какие закономерности

характерны для каждого типа систем. Классифицируя в самом общем виде наиболее распространенные биологические системы, можно выделить два простейших крайних типа: дискретный, или корпускулярный, и жесткофиксированный [18, 13, 11]. Первый тип можно охарактеризовать как системы, состоящие из однотипных, более или менее взаимно заменимых единиц: с точки зрения изложенного механизма они являются сравнительно низко организованными. Таковы особи одного вида и одного пола, таковы клетки одной ткани, аллеломорфные парные гены; с известными оговорками таковы же и множественные органы в одном организме — пальцы на руках, зубы, однотипные дольки в печени и т. д. Этот тип живых систем сходен с системами неживой природы, в которых господствуют статистические закономерности, в противоположность строго организованным механическим системам. О различии этих двух типов систем говорил в свое время Э. Шрёдингер [26]. Его, однако, интересовала энергетическая сторона вопроса: закономерное нарастание энтропии в статистических системах и теоретически возможное движение почти без нарастания энтропии в идеально построенной «механической» системе типа планетарной системы, идеальных часов без трения и т. д. Нас же в данном случае интересует не энергетическая, а организационная сторона.

Дискретные системы. Системы первого типа в чистом виде состоят из единиц, практически не связанных друг с другом. Их объединяет одинаковое отношение к среде, заставляющее их вести себя сходно даже без наличия прямой связи друг с другом. В живой природе такие системы чрезвычайно распространены. Само по себе объединение множества однотипных единиц в подобную систему, как правило, лишь незначительно повышает уровень их общей организации. В некоторых случаях такая система может рассматриваться почти как простая сумма входящих в нее единиц — особей вида, эритроцитов и т. д. Однако нередко она обладает большой ценностью с точки зрения приспособления: системы подобного рода отличаются большой пластичностью: единицы, из которых они состоят, сравнительно взаимно независимы и подвижны. Поэтому под влиянием различных внешних факторов они способны к разнообразным перемещениям и комбинаторике. Механически это видно, например, при передвижении крови по сосудам. При половом размножении особи, несущие различные признаки, способны к скрещиванию в различных комбинациях, позволяющих получать объединение различных полезных признаков. Это происходит, однако, лишь благодаря наличию «корпускулярности» также и в системе наследственности, в условиях

которой каждый новый полезный наследственный фактор может вытеснять старый, свободно комбинируясь с другими факторами, затрагивающими иные признаки. Например, при продвижении на север для животных может оказаться полезной замена темной окраски на светлую без существенных изменений многих других признаков.

С точки зрения свободы комбинирования находит объяснение целый ряд таких особенностей наследственных механизмов, которые иногда вызывали недоумение своей видимой простотой: незамкнутое линейное расположение генов в хромосоме, которое, как показали расчеты, обеспечивает их наиболее свободную комбинаторику; сравнительно узкое влияние большинства наследственных факторов на один или небольшое количество признаков; малая степень их взаимодействия и т. д. [16]. Здесь видимая простота и «корпускулярность» были достигнуты, по крайней мере отчасти, вторично, так как только они обеспечивали наиболее легкое разделение и комбинаторику признаков и, следовательно, наибольший эффект естественного отбора.

Столь же сложный путь, как наследственные механизмы, проделала и другая «корпускулярная» система — система простых рефлекторных реакций. Некоторые зарубежные ученые критиковали учение И. П. Павлова, считая, что оно чрезмерно упрощает механизм поведения. Ему прямо ставили в упрек представление именно о «корпускулярной» системе поведения, слагающейся из хорошо отграниченных отдельных безусловных и условных реакций. Дж. Э. Когхилл экспериментально показал, что на ранних стадиях развития поведение личинок амфибий не распадается на отдельные реакции, а имеет недифференцированный характер [8]. На этом основании он делал неверный вывод о том, что такой тип реакции является основным и у взрослых особей. Однако в действительности это лишь указывает на пути развития от «слитной» реакции к поведению, слагающемуся из «корпускулярных» реакций, как развитие организма из одной клетки — оплодотворенного яйца — не меняет факта сложного клеточного строения во взрослом состоянии. Кстати, может быть, не главным, но все же существенным преимуществом многоклеточного строения является тот же «корпускулярный» тип строения, обеспечивающий передвижение клеток в процессах эмбрионального развития и в ряде процессов у взрослого организма, а также позволяющий производить отбор отмирающих клеток (роговой эпителий, клетки крови, травмированные клетки различных тканей и т. д.) так, что это не отражается на судьбе других клеток, которые не только сохраняются неповрежденными, но и замещают собой погибшие.

В целом можно сказать, что «корпускулярное» строение систем облегчает комбинаторику и процессы отбора в системах. На такое понимание имеются указания уже у К. А. Тимирязева, подчеркивавшего, что независимость признаков друг от друга (нерастворяемость при скрещивании) дает основу для успешного течения естественного отбора и снимает то возражение против последнего, которое Дарвин считал самым опасным для своей теории [22].

Рассматриваемый нами тип строения позволяет системам, обладающим им, адекватно приспособляться к самым различным внешним условиям. Образно говоря, они состоят из множества отдельных кирпичей, а это дает возможность создавать временные или постоянные строения любой архитектуры, что, конечно, невозможно для систем монолитных, в которых составляющие их единицы жестко связаны между собой. При этом факторы, перестраивающие такие системы, могут лежать как во внешних условиях, так и в более высокоорганизованных интегрирующих механизмах самого организма. Генотип вида формируется путем отбора, производимого в основном факторами внешней среды. Комбинации поведенческих реакций также могут создаваться комбинацией вызывающих их внешних факторов. В других случаях архитектура поведения, в которую входят такие реакции, может быть обусловлена действием тех или иных высших интегрирующих факторов в самой центральной нервной системе³⁾.

Таким образом, в одних случаях мы имеем дело со стихийным отбором типа естественного отбора, в других — с отбором, происходящим в самом организме, но не стихийно, а на основе механизмов, которые сами выработались в процессе длительной эволюции (отбор реакций, отбор состарившихся или дефектных клеток и т. д.). Во всех случаях корпускулярные системы одинаково обеспечивают неэкономное, но гибкое приспособление к ненаправленным, заранее непрогнозируемым изменениям среды, будь то в эволюции вида, в индивидуальном поведении и т. д.

«Жесткие» системы. Противоположный тип систем характеризуется жесткофиксированными связями составляющих их звеньев, наличие или функция каждого из которых является необходимым условием функционирования всей системы. Таковы, например, последовательные этапы в эмбриональном развитии глаза, где из первичной нервной пластинки развивается глазной бокал (будущая сетчатка),

³⁾ Целесообразность этих простых комбинаций обусловлена тем, что каждая из этих реакций по отдельности уже имеет целесообразный характер, достигнутый в прошлые эпохи путем естественного отбора целых организмов.

последний в свою очередь индуцирует развитие хрусталика и т. д. Таковы в популяции два взаимно дополняющие пола, каждый из которых выполняет необходимую функцию, у высших животных незаменимую особями другого пола (у низших возможны случаи бессамцового, партеногенетического развития). Таково взаимоотношение различных систем организма, например, системы кровообращения и пищеварения. Каждая из них необходима и не может быть заменена другой.

Разумеется, мы здесь говорим о жестких связях не в механическом, а в организационном смысле: особи различного пола могут быть легко отделены друг от друга пространственно, даже без вреда для них самих. Но жесткая система размножения, требующая функции обоих полов, будет полностью нарушена.

Как видно, жесткофиксированные системы еще в большей мере, чем корпускулярные, могут иметь очень разные формы и строение. Общей у них является только именно «жесткость» связей. Многие виды структур этого типа могут чрезвычайно сильно повышать уровень организации систем по сравнению с тем, что имеется в отдельных составляющих их звеньях. Так, известны светочувствительные органы низших животных, лишенные хрусталика или аналогичных приспособлений (диафрагм или ориентированных множественных фасеток), позволяющих получить четко воспринимаемое изображение от окружающих их предметов. Подобные примитивные органы дают чрезвычайно мало информации по сравнению с глазом, где сетчатка дополнена преломляющими свет средами и может воспринимать точно оформленное изображение. В то же время понятно, что сам этот преломляющий аппарат без светочувствительного совершенно бесполезен.

Однако, как правило, такие системы, в определенных отношениях высокоорганизованные и экономные, оказываются гораздо менее гибкими и способными к перестройке, чем «корпускулярные» системы. В случае полной «жесткости» связей их эффективность определяется согласно «принципу наименьших», сформулированному в свое время для растений немецким химиком Либихом и устанавливающему, что рост растения прямо зависит от количества того необходимого ему вещества, которого в почве для него особенно мало. Позже было установлено, что применительно к растениям этот принцип требует известных уточнений [6], однако он оказался применим в гораздо более разнообразных случаях. Даже далеко за пределами биологии говорят, например, что прочность цепи определяется прочностью самого слабого

звена, скорость эскадры — скоростью самого тихоходного корабля и т. д. О жестких системах можно сказать, что ход общего обмена веществ в значительной мере зависит от наиболее слабого звена, каковым может оказаться пищеварительная, выделительная или иная система. Еще лучше это видно на цепях химических превращений, где мутационное выпадение даже одного необходимого фермента делает всю цепь неэффективной, например приводя к нарушению образования пигмента при альбинизме [27]. (...)

Принцип наименьших, однако, нельзя считать универсальным. Он, как это очевидно, совершенно неприменим к корпускулярным системам, и о нем надо говорить лишь применительно к вполне «жестким» системам, как они были нами определены. Однако нельзя согласиться и с В. Н. Колбановским [9] и другими относительно неполной применимости этого принципа к биологическим системам и полной неприменимости к социальным.

В биологических системах, как мы видели, применимость принципа определяется не самим по себе фактом, что это живые системы, а типом соответствующих систем. Так же, очевидно, обстоит дело и в социальных системах. Укажем, например, что В. И. Ленин считал вполне возможным применить его к вопросу о блоке партий [10]. Таким образом, принцип отбора и принцип наименьших не являются универсальными. (...) В одних типах систем приложим принцип отбора, но не приложим принцип наименьших; это — «статистические» или «корпускулярные» системы. В других типах приложим принцип наименьших, но не приложим принцип отбора; это — «жесткие» системы.

Возможны и другие типы систем, в которых приложимость этих принципов будет неполной. Мы рассмотрели лишь простейшие крайние случаи. К этому следует добавить, что одна и та же материальная система в различных отношениях нередко должна рассматриваться как принадлежащая к разным типам. Скажем, система вида вообще может рассматриваться как «корпускулярная», но если рассматривать ее с точки зрения размножения и соотношения полов, то это уже «жесткая» система: каждый пол является незаменимым звеном. (...)

Взаимодействие двух типов систем

Вполне выраженные системы описанных крайних типов являются в биологии скорее исключением. Но формы, близкие к ним настолько, что в них выявляются свойственные

данным типам закономерности, достаточно часты. При этом при переходе от низших уровней, лежащих на грани молекулярной биологии, ко все более высоким уровням — клеточному, тканевому, организменному, видимому и т. д. — выявляется довольно правильное чередование этих простейших типов организации — корпускулярного и жесткого: парные хромосомы (корпускулярность), взаимное дополнение ядра и клетки (жесткое отношение), клетки одной ткани (корпускулярность), взаимное дополнение тканей (жесткое отношение), множественные органы или их части (корпускулярность), соотношение систем органов (жесткие отношения), особи одного пола (корпускулярность), взаимное дополнение полов (жесткое отношение) и т. д. (подробнее см.: [14]).

Логически это нетрудно понять. Взаимодополняющие отношения разнообразных звеньев внутри системы «жесткого» типа, как уже говорилось, необходимы для повышения уровня организации и эффективности системы. Однако они не обеспечивают необходимой гибкости и «живучести» системы. Поэтому такие «жесткие» системы дважды или многократно повторяются на следующем уровне, выступая уже как единицы «корпускулярной» системы. Этим обеспечивается и большая надежность, и количественная гибкость следующего уровня организации. Высокоразвитые системы в организме должны удовлетворять в какой-то степени требованиям разного рода: и гибкости, и экономичности, и координированности. Поскольку каждый тип простейших систем («корпускулярных» и «жестких»), обеспечивая одни из этих свойств, автоматически исключает другие, постольку оптимальные сочетания в известной степени достигаются чередованием общих типов на смежных уровнях организации.

«Звездный» тип систем. Однако возможен и другой путь, обеспечивающий оптимальное совмещение «корпускулярности» и «жесткости». Это такое строение системы, когда на одном уровне совмещаются некоторые черты обоих типов. Так, для филогенеза очень важно, чтобы эволюционное изменение одного органа не отражалось бы на других. Например, даже благоприятное изменение глазного бокала с большой вероятностью может нарушить совершенство хрусталика. Такое положение очень затрудняет свободную эволюцию более ранних в индивидуальном развитии органов (в данном случае бокала). Они эволюционируют медленнее, и этим в первую очередь объясняется то, что было (может быть слишком категорично) сформулировано в виде «биогенетического закона», повторения в индивидуальном развитии отдельного организма тех стадий, которые вид прошел в своей эволюции [25, 16].

Зависимость развития хрусталика от бокала имеет и приспособительное значение: ею обеспечивается то, что хрусталик всегда возникает именно перед бокалом, как это требуется для полноценного развития глаза. Требования к координированному развитию здесь приходят в противоречие с требованиями к эволюционной независимости органов, которая обеспечила бы возможность усовершенствования каждого органа, не нарушая совершенства другого. Если координация достигается последовательной связью $A - B - C - D - E$, то эволюционно независимым звеном здесь является только последнее звено именно потому, что его изменение уже ни на каком органе не отразится, так как ни один из них от него не зависит. Для полной эволюционной независимости было бы идеальным, если бы каждый орган развивался совершенно самостоятельно. Система была бы корпускулярной, и новый вариант каждого органа мог бы в новых поколениях замещать старый, не влияя на другие органы.

Система, абсолютно совмещающая оба эти достоинства крайних типов (независимость и координацию), вряд ли возможна, но возможно значительное приближение к такому положению (подробнее об этом см.: [18]). Это достигается «звездным» типом системы, когда один орган — A — берет на себя прямую стимуляцию развития органов или функций B и C и D и E . A оказывается тогда как бы в центре, а остальные органы связаны с ним как луч со звездой. Это, конечно, схема, и ее не надо понимать геометрически: пространственная связь может быть совершенно иной. Например, женская половая железа — яичник — вызывает своими гормонами окончательное развитие первичных половых признаков и возникновение целого ряда вторичных, причем это происходит независимо от пространственного отношения этих признаков к яичникам. Аналогично щитовидная железа стимулирует у головастика целый ряд признаков, сочетание которых приводит к превращению его в лягушку.

При таком «звездном» типе взаимоотношений лишь один объединяющий другие признаки орган — в данном случае железа внутренней секреции — оказывается эволюционно связанным, так как его изменение сразу отразилось бы на всех зависимых органах. И действительно, железы внутренней секреции чрезвычайно консервативны. Зато признаки, определяемые железой, все являются конечными в цепи зависимостей; поэтому они могут свободно эволюционировать и совершенно различаются у разных видов. С гормоном половой железы у оленя связаны рога, у льва — грива, у ряда птиц — характерное оперение и т. д. В то же время все

признаки, определяемые одной железой, оказываются тесно связанными между собой через железу, поскольку лишь одно звено отделяет их друг от друга. *Вокруг каждой железы группируются признаки одной и той же приспособительной направленности*: вокруг половой — признаки, способствующие функции размножения, вокруг адреналовой системы — функции, мобилизующие возможности организма в острых ситуациях (бегство, борьба) и т. д.

При этом признаки одного приспособительного направления эволюционируют так, что как бы сами «добровольно» становятся в зависимость от постепенно объединяющей их железы. Это видно при сравнении двух родственных видов рыб, переходящих к сухопутному образу жизни, — болеф-тальмуса и периофтальмуса. У первой часть «сухопутных» признаков еще не зависит от щитовидной железы; у второй, более приспособившейся к новому образу жизни, почти все изменения, способствующие жизни на суше, зависят от этой железы [28]. Аналогично оптимальное сочетание большой свободы комбинаторики наследственных факторов с их объединением (обеспечивающим правильное расхождение при делении клетки) достигается линейным их расположением в хромосоме [12].

Таким образом, определенное сочетание двух простых типов систем может привести к тому, что сохраняется значительная часть преимуществ и того и другого типа. В случае «звездной» связи онтогенетическая координация достигается почти максимально, как и в жесткой системе, а эволюционная гибкость теряется только для одного звена — для центрального органа, объединяющего все другие. Этот тип широко распространен в живых системах, причем наиболее ярко представлен в системе желез внутренней секреции.

Основные принципы организации живых систем

Организационная ценность определенного типа систем хорошо подтверждается тем, что эволюция в различных, независимых ветвях животного царства приходит к одним и тем же формам организации⁴⁾. Это видно на примере параллельного развития сходной в ряде отношений эндокринной системы у позвоночных и насекомых. Сходны у них и другие органы («рычаговые» конечности, крылья, расположение глаз, хотя строение самого органа зрения совершенно

⁴⁾ Еще более ярко это иллюстрируется параллелизмом приспособления у животных и растений (см., например, [21]).

разнос). Необычайно похоже строение глаз у позвоночных и у высших головоногих, хотя, по-видимому, общие предки тех и других не могли иметь еще такого органа зрения и он развился в обеих ветвях независимо.

Возникновение аналогичных приспособлений говорит о том, что мы имеем дело не со случайностью, а с закономерностью. И поскольку речь идет не о повторении деталей формы, а о некоторых общих формах организации («корпускулярная», «жесткая», «звездная»), следует сделать вывод и о закономерном характере преимуществ данного типа организации. Природа как бы формирует то или иное устройство из различного по происхождению материала, но по одной модели. С этой точки зрения некоторые общие приспособления и тенденции эволюции, параллельные в различных систематических группах, выявляют именно основные принципы организации живых систем.

Остановимся коротко на некоторых из этих принципов, в частности на тех, которые касаются организма в целом.

К общим тенденциям эволюции относится тенденция к увеличению постоянства внутренней среды организма, указанная еще Клодом Бернаром (химический состав крови и лимфы, постоянство температуры тела и т. д.). Как часто указывалось, эта тенденция увеличивает свободу передвижения организма, обеспечивая его внутренним органам и тканям стабильно оптимальные условия, несмотря на колебания условий во внешней среде.

Следует указать и на другое значение такого постоянства. Оно позволяет: 1) добиться наиболее полного соответствия структуры и функций клеток условиям внутренней среды организма (что гораздо труднее при изменчивости этой среды) и 2) обеспечить и ускорить эволюцию этих внутренних органов и тканей, поскольку каждое их новое приспособление связано в этом случае с единственными, т. е. более простыми, условиями, в которых должно действовать это приспособление, и не нуждается в дополнительных системах сохранения стабильности функционирования этого нового приспособления в широкой амплитуде изменений среды.

Увеличение постоянства внутренней среды является, однако, лишь частичным проявлением более общей тенденции — к изоляции от неблагоприятных воздействий среды, к уменьшению соприкосновения с ними. Сюда в равной степени относится физическая изоляция покровами (механическая изоляция кожными покровами, щитом черепахи, своей или чужой раковиной: «отпугивающая» изоляция — иглы ежа, мимикрия; маскирующая изоляция — покрови-

тельственная окраска и форма (палочник); температурная изоляция — мех, перья, жировой слой; сокращения неблагоприятного сопротивления воды обтекаемой формой тела у водных животных; инцистирование одноклеточных и т. д.). Но одновременно увеличивается поверхность, так сказать, «ассимилирующего» соприкосновения, относится ли это к вещественно-энергетической стороне вопроса (питание, дыхание с увеличением полезной площади кишечника за счет ворсинок, легких — за счет альвеол) или к информационной (расширение возможностей органов чувств, обмена информацией у общественных и частично у не общественных животных и, наконец, методов переработки первичной информации для извлечения ценной ее части).

Короче говоря, общая эволюционная тенденция может быть сформулирована как рост избирательного отношения к среде, являющийся результатом уменьшения неблагоприятных контактов со средой и одновременного увеличения благоприятных. Эта тенденция, но уже будучи подчиненной социальным закономерностям, продолжается и у человека, который все более избирательно относится к окружающим объектам, используя полезные свойства ранее не использовавшихся бесполезных и даже вредных предметов. В каменном веке это — использование негодного в пищу камня как орудия для добывания пищи; теперь — использование химических составляющих из ранее бесполезных минералов и руд и т. д. Являясь общей и, может быть, основной тенденцией эволюции, рост избирательности, однако, лишь обобщает *основную форму отношения к внешней среде*, ничего не говоря о *методах* достижения этого, определяемых типами систем, и о *механизмах*, лежащих в основе эволюции путем естественного отбора.

Что касается *методов*, позволяющих организму более совершенно приспособляться к внешней среде и увеличивать взаимосоответствие его внутренних subsystem, то здесь есть несколько основных тенденций, различных для низших и высших форм. Для высших форм очень многими авторами (Мильн-Эдвардс, В. Франц, И. И. Шмальгаузен [25]) подчеркивается все возрастающая в эволюции дифференциация частей организма. А. А. Заварзин особенно отчетливо показал эволюцию тканевой дифференциации: ткани, которые на низшей ступени эволюции обладали несколькими функциями, у более развитых организмов распадаются на формы, из которых каждая берет на себя лишь часть функций [5]. Здесь сочетаются преимущества разделения труда (интенсификация функций) и улучшение комбинаторики, поскольку

какое-либо полезное распределение клеток с одной функцией не связано с необходимостью такого же (может быть, не полезного) распределения и других функций.

Дифференциация, однако, неизбежно должна дополняться интегрирующими механизмами, так как в противном случае может потеряться соответствие в развитии и в функции различных подсистем. Одним из важнейших путей интеграции является установление обратных связей между отдельными звеньями систем. Не останавливаясь подробно на механизмах обратных связей⁵⁾, следует указать, что в организме, как и в технических системах, отрицательная обратная связь играет основную роль тогда, когда необходима стабилизация, а положительная — в периодах развития организма или в тех его функциях, которые связаны с альтернативной сменой функций (сон — бодрствование, накопление мочи — опорожнение мочевого пузыря и т. д.) [18].

Особый интерес представляет *направление* отрицательной обратной связи. Обычно исследователи ограничиваются констатацией наличия отрицательной обратной связи как стабилизирующего механизма. Но организм в отличие от машины развивается постепенно, многоэтапно. В строй вступают не все органы сразу или по крайней мере не в равной степени на каждом данном этапе. Нетрудно видеть, что порядок их вступления, как правило, должен отражаться на направлении стимуляции и торможения. Если орган *A*, связанный (у взрослой особи) отрицательной обратной связью с органом *B*, вступает в строй раньше, чем *B*, то можно с основанием ожидать, что *A* будет стимулировать развитие *B*, а *B* — тормозить функцию *A*. Если бы было наоборот, то *B* с самого начала развития тормозился бы влиянием *A* и не мог бы развиваться. Напротив, стимулируемый действием *A*, орган *B*, достигая определенного уровня развития, останавливает, а может быть, и снижает развитие *A*, стабилизируя его и прекращая рост стимуляции самого *B* с его стороны⁶⁾. Действительно, в некоторых случаях, где нам ясна последовательность развития органов, эта закономерность, по-видимому, подтверждается. Например, гипофиз вступает в действие раньше, чем стимулируемые им половые железы, и во взрослом организме он действительно тормозится ими. В свою очередь половые железы стимулируют

⁵⁾ Роль этих связей в биологии рассмотрена в работах [17], [15].

⁶⁾ Для стабилизации самого *B* необходимо или прямое ослабление стимулирующей функции *A*, или установление связи *B* с тормозящим его третьим органом. Возможны некоторые другие пути, которых мы здесь не обсуждаем.

у петуха развитие увеличенного гребешка и, как показал М. М. Завадовский [4], тормозятся влияниями с его стороны. Это дает нам основание, исходя из типа взаимоотношений у взрослого организма (т. е. учета того, в каком направлении идет стимуляция), получать дополнительную информацию о том, какой орган должен был в онтогенезе развиваться раньше; и обратно: зная порядок развития органов, можно предсказать, если они связаны обратной связью, в каком направлении идет стимуляция.

Однако обратные связи являются лишь одним из механизмов регуляции, одним из типов тех обязательных кирпичей, которые слагаются в общую архитектуру связей организма. Чтобы яснее представить себе эту архитектуру, необходимо кратко охарактеризовать пути развития организма из относительно недифференцированного оплодотворенного яйца.

Хотя организм чрезвычайно полно «запрограммирован» в наследственном коде, тем не менее все, что может быть не запрограммировано, в программу не включается или включается как одна из возможностей, а не как жестко обусловленная необходимость. Так, у ряда организмов на первом этапе развития оказывается необходимым возникновение полярности, например, такой, которая определяет будущее направление оси «голова — хвост» и соответствующее распределение и плоскость симметрии, делящая организм на правую и левую стороны. *Необходимость* развития этих осей, плоскостей (а потом органов и тканей) запрограммирована в наследственной записи. Но *направление и местоположение* этих осей, плоскостей и пр., по крайней мере у многих видов животных, заранее не определены. Они определяются у ряда видов чисто внешними факторами: случайным неравенством температуры (например, более высокая стимулирует развитие головного конца), местом вхождения сперматозоида в еще не оплодотворенное яйцо (ориентировка плоскости симметрии), прилеганием к материнским тканям, направлением силы тяжести и т. д.

Такой вероятностный путь определения развития имеет по крайней мере два полезных для организма значения. Во-первых, уменьшая (без вреда) определенность «записи» в яйце, он тем самым, возможно, уменьшает и необходимый объем самой записи. Во-вторых, он в ряде случаев увеличивает гибкость развития, поскольку некоторые из таких определяемых средой признаков формируются как адекватный ответ на воздействие самой среды, приспособление к ней. На более поздних стадиях это отчетливо видно у некоторых растений. Живя в полугорных районах, они могут образовать как горную форму (с соответствующей морфоло-

гией), так и низинную в зависимости от того, в какую среду они попадут. Эти формы «запрограммированы» в них как возможности, реализация же их зависит от среды.

Аналогичную картину можно видеть и на ранних стадиях развития. Яйцо делится сначала на две клетки, затем на четыре и т. д. Возникающие клетки занимают со временем определенное место в организме, развиваются в органы единого целого организма. Но если по тем или иным причинам первые две клетки, на которые разделилось яйцо, отделяются друг от друга, то дальше из каждой из них (в случае видов, имеющих так называемые регулятивные яйцеклетки) развиваются самостоятельные гармоничные организмы, в частности у человека в результате рождаются неразличимые однояйцевые близнецы. Это возможно только потому, что в яйце и в возникающих из него клетках имеется не жесткая запись развития, а запись реакции на окружающую клетку условия: если (после первого деления яйца) с одной стороны клетки находится другая такая же клетка, дальнейшее ее деление и развитие пойдет так, что из нее разовьется только часть целого организма. Если же воздействия сестринской клетки (с этой стороны) нет, а воздействует та же внешняя среда, что и с другой стороны, то из клетки разовьется целый организм.

Вероятностный путь определения развития связан не только с влияниями внешней среды. Когда у амфибий развивается слуховой пузырек, то он далее формирует окружающую его капсулу. Под его влиянием (вероятно, химическим) подвижные клетки — мезенхимы⁷⁾ — передвигаются к нему и образуют вокруг него скопление, уплотняющееся в капсулу. При этом заранее не определено, какие именно из окружающих клеток войдут в нее. Дело решается, видимо, тем, какие из них оказались в данный момент ближе (и, может быть, немного подвижнее или чувствительнее), чем другие.

Аналогично могут формироваться сложные нервно-психические реакции из более простых: из ряда возможных, более или менее эквивалентных, в цепь включаются те, которые находятся в данный момент в «большей готовности».

В общем виде можно сделать вывод, что там, где система строится путем подбора из отдельных единиц (клеток, реакций и т. д.), она создается из наиболее активных, подвижных элементов⁸⁾, а в случае продолжения у единиц обмена

⁷⁾ Мезенхима — совокупность однородных клеток, находящихся у зародыша в так называемой первичной полости и происходящих главным образом из среднего и частью из наружного зародышевого листка, которая даст начало развитию соединительной ткани и некоторых других образований.

⁸⁾ Этот вывод сформулирован в работе И. Ф. Ковалева [7].

со средой система, напротив, сохраняет наиболее устойчивые из них.

Система развития организма, как уже указывалось, должна совмещать высокоорганизованные приспособления (что достигается в основном различного рода «жесткими» структурами) с гибкостью и надежностью («живучестью»). Это в значительной степени обеспечивается чередованием «жестких» уровней организации с такими, на которых подобные приспособления представлены во множественном (хотя бы в двойном) числе. Однако повышение надежности в организме достигается не только точным или почти точным повторением структур (множественность долек печени, зубов, парность глаз), но и за счет обеспечения одной и той же функции различными путями [1]. Так, симпатическая нервная система мобилизует органы к действиям, связанным с внешней активностью организма (борьба, бегство и т. д.). То же самое несколько медленнее, но устойчивее достигается поступлением в кровь гормона мозгового слоя надпочечников — адреналина. Эти две системы имеют общие звенья и взаимодействуют, но все же это не один, а два, к тому же разнотипных механизма. Процессы дыхания также регулируются не одним только центром в нервной системе: когда он выбывает из строя, его замещает другой центр, хотя и работающий менее совершенно.

В некоторых случаях организация функций идет по особому типу взаимного контроля двух почти антагонистически действующих систем. Так, вегетативная нервная система распадается на два отдела: симпатический и парасимпатический. Почти каждый орган иннервирован нервами обоих типов, причем их действие, как правило, противоположно. Сильно схематизируя, некоторые авторы формулируют их функции следующим образом: симпатическая система мобилизует организм к внешней активности, повышая тонус мышц, их кровоснабжение, тонус центральной нервной системы, расширяет зрачок, сужает каждый сосуд и, напротив, снижает активность кишечника и другие процессы, способствующие питанию и восстановлению. Роль парасимпатической системы в основном противоположна, так что в ряде случаев недостаток функций одной системы может быть отчасти компенсирован путем снижения влияния противоположной системы (например, расширения зрачка можно добиться и раздражая симпатические волокна, и выключив парасимпатические). Такой двойной контроль функций, очевидно, обеспечивает наиболее точное подвижное равновесие, лучшую надежность и быстроту реакции, но возможно, что

у этого типа регуляции имеются и иные организационные преимущества, еще не до конца ясные.

Аналогичные антагонистические системы представлены двумя видами реакций на патогенные агенты: один вид связан с усилением воспалительных явлений, другой — с активным подавлением их [20].

Все эти частные соотношения (обратные связи, подсистемы двойного обеспечения или антагонистической регуляции) входят в общую систему организма, отличающуюся своеобразной организацией, которую несколько условно можно назвать иерархической. В ней, согласно А. А. Ляпунову, можно отметить такой порядок взаимоотношений, при котором медленно действующие управляющие системы (например, генетические влияния) определяют характер более быстро действующих (нервная система, гуморальные и др.), но не наоборот.

Не останавливаясь подробней на этой (хотя и весьма важной) стороне организации, следует указать на другую, связанную, в частности, с действием нервной системы. Можно, по-видимому, считать правилом, что отдельные органы, зависящие от центральной нервной системы (глаз, сердце, мочевой пузырь и др.), обладают обычно определенным аппаратом, локализованным в нервных узлах самого органа или в низших отделах спинного мозга. Эти автономные саморегулирующиеся системы определяют автоматическую деятельность органов (сердечное сокращение, обмен жидкости в глазу, периодическое мочеиспускание и т. д.). При этом в высшие центры поступает не детальная, но лишь обобщенная информация о результатах этой деятельности и о состоянии органа, достаточная для того, чтобы на ее основании осуществлять координацию отдельных органов и функций.

В свою очередь вмешательство центральной нервной системы тоже обычно имеет не детальный характер. Оно чаще всего осуществляется или путем изменения «настройки» саморегулирующихся подчиненных систем (таким образом изменяется темп сердцебиений, режим мочеиспускания и т. д.), или обходным путем (менее типичным), например, через систему произвольных мышц в случаях, когда соответствующие органы подчиняются произвольному управлению (ускорение мочеиспускания произвольным увеличением внутрибрюшного давления — брюшным прессом; задержка его — путем включения произвольного сфинктера).

Такая система обеспечивает максимальную разгрузку высших центров и минимальное нарушение (благодаря вмешательству центра) работы регуляторных механизмов низшего порядка.

Общий характер принципов системной организации

После проведенного нами краткого и по самой постановке проблемы достаточно абстрактного рассмотрения биологических систем естественно возникает вопрос: насколько изложенные здесь принципы их организации являются общими?

Что касается различия дискретных («корпускулярных») и «жестких» систем, то ответ на этот вопрос уже дан выше. Такое различие в принципе может встречаться на любом уровне системной организованности. Но для того чтобы ответить на более общий вопрос, надо рассмотреть специфические отличия биологических систем, с одной стороны, от систем неживой природы, а с другой — от систем высшего типа: общественных и порождаемых ими технических.

Если сравнивать живые системы с неживыми, стихийно складывающимися в природе («косная материя», по В. И. Вернадскому), то основное отличие динамической структуры живых систем заключается в их способности к ауторепродукции, т. е. к усвоению элементов внешней среды и к воспроизведению из них систем, подобных себе. Эта способность, которую можно также назвать способностью к ассимиляции, порождает целый ряд других особенностей биологических систем: рост клеток и организма (путем ауторепродукции молекулярных и клеточных единиц), размножение в геометрической прогрессии, наследственность, заключающуюся в точном характере ауторепродукции, в частности в ауторепродукции «наследственных записей», в хромосомах. Наконец, и изменчивость, т. е. отклонения от точной репродукции, приобретает значение для эволюции только за счет того, что изменившаяся форма (мутация) также способна воспроизводить себя, сохраняя новые черты, полученные после изменений.

В результате избыточной ауторепродукции с неизбежностью возникает естественный отбор. Значение ауторепродукции как фундамента всех жизненных явлений и основы эволюционного процесса прекрасно понимал Ч. Дарвин, писавший: «...все эти прекрасно построенные формы, столь различные между собой и так сложно одна от другой зависящие, были созданы благодаря законам, еще и теперь действующим вокруг нас. Эти законы в самом широком смысле суть рост и воспроизведение; наследственность, почти необходимо вытекающая из воспроизведения; изменчивость, зависящая от прямого или косвенного действия условий жизни или от упражнения и неупражнения; прогрессия размножения, столь высокая, что она ведет к борьбе за жизнь

и к ее последствию — естественному отбору, влекущему за собой расхождение признаков и вымирание менее совершенных форм» [2].

Благодаря ауторепродукции простой отбор, в неживой природе только сохраняющий уже имеющиеся устойчивые формы, превращается в естественный отбор, который связан с размножением сохранившихся форм и с накоплением у них все новых полезных признаков. В живых системах таким путем происходит суммация полезных изменений и вытеснение вредных. Все это коренным образом отличает живые системы от стихийно сложившихся систем неживой природы и путем длительной эволюции ведет к созданию сложнейших приспособлений, завершающихся, наконец, возникновением высших форм жизни и человеческого общества.

Общественные системы сохраняют эту способность к ауторепродукции, но переносят ее и в новые области: репродукция (хотя и не самовоспроизведение) различных произведений человека по удачно созданному образцу — технических приспособлений, книг и т. д. Поэтому и отбор также переносится из области живых организмов в область продуктов общественной жизни, от машин до идей.

Однако не это наиболее существенно отличает социальные системы от биологических в рассматриваемом нами плане. Биологические системы способны эволюционировать лишь путем суммации изменений, полезных каждое в отдельности. Поэтому им недоступен целый ряд усовершенствований, которые могли бы возникнуть путем соединения нескольких изменений, по отдельности снижающих приспособленность. Нетрудно показать, что вероятность одновременного появления у одной особи даже только трех вредных изменений, которые вместе взятые повышают приспособленность, практически равна нулю. Если такие мутации возникают порознь, то отбор их уничтожит как отрицательные, прежде чем они смогут объединиться и дать положительный эффект. Природа такие комбинации создавать и использовать не может, так как усовершенствования в ней возникают в результате стихийного процесса отбора и никакая самая большая, но *отдаленная* выгода для вида не может повести к распространению признаков, которые в *данный момент* хотя бы немного вредны. Это иллюстрируется интересным экспериментом Н. В. Тимофеева-Ресовского [29], который, искусственно комбинируя у дрозофилы мутации, понижающие жизнеспособность, получил комбинацию не менее жизнеспособную, чем нормальная форма. Очевидно, что природа подхватила бы такую комбинацию и, доработав ее в деталях

путем естественного отбора, могла бы закрепить; но в природе эта комбинация не могла возникнуть, так как каждая мутация по отдельности уничтожалась в борьбе за существование.

Таким образом, естественный отбор близорук [24]. Для эволюции открыты многие, но все же не все пути [30]. У нас есть пути «запрещенные». Это ярко видно из того, что в природе ни разу не возникло одно из давних изобретений человека — вращающаяся ось с винтом (типа парового или самолетного) или с колесом. Принципиально вполне возможно допустить, что такое приспособление могло бы осуществиться и в некоторых условиях могло бы быть полезным. И тем не менее при всем разнообразии органов и приспособлений большего или меньшего совершенства, возникавших за сотни миллионов лет в миллиардах организмов, такое приспособление, по-видимому, не возникло ни разу. Для его возникновения необходимы были промежуточные стадии, которые снизили бы жизнеспособность их носителей на несколько поколений и привели бы их к гибели в соревновании с прежней формой. Напротив, человек в своем техническом творчестве способен заранее предвидеть, планировать и создавать в том числе и такие усовершенствования, которые для биологической эволюции недоступны по изложенным соображениям. Первенство по сложности и по «отшлифованности» приспособлений, возможно, еще долго останется за живой природой. Однако научно-техническое творчество человека опередило эволюцию как в области материалов и энергетических источников, так и с точки зрения качественной широты его возможных путей.

То же в значительной степени может быть отнесено и к общественному развитию в целом. И здесь способность предвидеть результаты дает возможность создавать такие социальные формы, которые стихийно или вовсе не могли бы возникнуть, или же потребовали бы колоссальных периодов времени, если бы шли, как в биологических системах, путем проб и ошибок либо окольными путями. Наиболее ясно роль такого прогнозирования видна в прогнозе (сделанном почти за столетие) основных очертаний социалистического строя. Это предвидение сыграло огромную роль, организуя и колоссально ускоряя социальные движения. Но и любая заранее планируемая рядовая реформа, в особенности такая, которая связана с первоначальными временными невыгодами, является примером такой же роли прогнозирования в общественных процессах, открывающего пути, недоступные по типу для биологической эволюции.

Учитывая все сказанное, можно отчасти ответить на вопрос о применимости рассмотренных нами некоторых прин-

ципов организации биологических систем в других областях. Очевидно, что в области неживой природы применимы лишь немногие из этих принципов, причем применимы лишь постольку, поскольку они не предполагают ни ауторепродукции элементов, ни сложной структуры, характерной для живых систем.

Что касается общественных и технических систем, то общность принципов между ними и живыми системами больше, поскольку в обоих случаях мы имеем дело со сложными самоорганизующимися системами. Вместе с тем биологические системы имеют ряд «запрещенных путей» в своем развитии благодаря стихийному характеру основной движущей силы эволюции — естественного отбора, неспособного к прямому созданию целого ряда сложных приспособлений, требующих хотя бы временного снижения приспособленности. Напротив, для общественных и технических систем эти пути открыты⁹⁾. А обходные пути — например, принцип смены функций [3] — очень медленны, к тому же и по этим путям, видимо, природе доступны далеко не все технически возможные формы организации.

Эти общие различия не являются единственными: конкретные формы организации биологических и общественных систем развивались также по различным путям. Развитие особи у высших форм дает примеры очень высокой организации. Но в отличие от вида в биологии и от общества на том или ином уровне развития и несмотря на отмеченную нами гибкость развития, отдельная особь все же запрограммирована в некоторых отношениях более жестко. Это значит, что в ее «программе» определены пределы ее роста, развития и длительности жизни. И вид, и общество, теоретически говоря, могут развиваться безгранично. У особи запрограммирована ее смерть, так как эта смерть полезна для вида, для его эволюции.

Но и вид в целом резко отличается по своей организации от общества. В обществе по мере его развития устанавливаются все более разнообразные, координирующие его функции, появляются все новые типы специфических социальных связей. В этом смысле общество, создавая известную иерархию связей (не обязательно выраженную в классовой иерархии), по сложности и типу организации приближается

⁹⁾ Яркий чисто биологический пример — возможность для человека создавать высокоурожайную гибридную кукурузу, которую природа не могла создать, так как для большого конечного эффекта требуется поддержание малоурожайных промежуточных инбредных линий.

к наиболее высокоразвитым организмам без их, однако, заранее заданной ограниченности развития.

Вид, напротив, в основном развивается не за счет повышения своей целостности, а за счет повышения совершенства составляющих его особей. Он не ограничен в сроках развития и пространственно (в отличие от особи), но ограничен в типе развития, в возможностях координации.

Таким образом, социальный уровень системной организованности, помимо ряда других особенностей, неоднократно уже отмечавшихся в литературе, выше уровня развития биологических систем: 1) по способности усиливать самоорганизацию на основе прогнозирования и 2) по сочетанию сложной и возрастающей координации в развитии (недоступной на уровне вида) с неограниченным характером развития (недоступным для самой высокоразвитой особи). Все это резко отделяет биологический уровень от социального и делает необоснованными широкие аналогии между биологической организацией в целом и обществом.

Однако это не исключает возможности сходства ряда закономерностей или частных организационных форм на различных уровнях. Это видно, в частности, на примере общего разделения систем на дискретные и жесткофиксированные. Это видно в развитии некоторых аспектов бионики, сближающей технику и биологию. Поэтому в целом можно сказать, что биологические системы, накопившие за миллионы лет сложнейшие приспособления, представляют собой чрезвычайно важный и благодарный объект для изучения общих принципов организации систем.

В настоящее время изучение структурных закономерностей лишь начинается, и в этой области мы стоим, вероятно, ниже, чем стояли древние египтяне в области изучения геометрии. Пока мы можем сформулировать лишь некоторые простейшие принципы. Тем не менее их значение в биологии весьма существенно. Об этом можно судить хотя бы по тем ошибкам, которые были допущены в прошлом крупными исследователями вследствие недоучета даже лишь изложенных здесь принципов. Так, В. Ру и А. Вейсман пытались в свое время объяснить органическую целесообразность не только дарвиновским отбором между организмами, но и отбором внутри организма. Эти попытки не оправдались, но с изложенных нами позиций они и не могли оправдаться, поскольку организм — система в основном некорпускулярная — не может развиваться путем автоматического отбора и совершенствования таким образом составляющих его единиц. Отбор внутри организма может быть лишь подчиненным механизмом, например, для уничтожения отмирающих клеток,

для комбинаторики уже ранее эволюционно развившихся полезных реакций и т. д. Обратную ошибку, как уже говорилось, допустил Э. Когхилл, не поняв смысла развития независимых рефлекторных реакций. Аналогично долго была непонятна целесообразность дискретного строения генетических механизмов, что создавало дополнительные условия для малопродуктивных дискуссий. Намечая некоторые конкретные пути изучения системных закономерностей, мы осознаем, что еще не настало время для вынесения окончательных суждений, однако есть основания предполагать, что эти пути не являются бесперспективными.

Литература

1. *Баркрофт Дж.* Основные черты архитектуры физиологических функций. М.—Л., 1937.
2. *Дарвин Ч.* Происхождение видов. М., 1952. С. 449—450.
3. *Дорн А.* Происхождение позвоночных животных и принцип смены функций. М.—Л., 1937.
4. *Завадовский М. М.* Противоречивое взаимодействие между органами в теле развивающегося животного. М., 1941.
5. *Заварзин А. А.* Об эволюционной динамике тканей // Архив биологических наук. 1934. Т. XXXVI. Серия А. Вып. 1.
6. *Кирсанов А.* Теория Митчерлиха, ее анализ и практическое применение. М.—Л., 1930.
7. *Ковалев И. Ф.* Второй закон термодинамики в индивидуальной и общей эволюции живых систем // Вопросы философии. 1964. № 5.
8. *Когхилл Дж. Э.* Анатомия и проблема поведения. М., 1934.
9. *Колбановский В. Н.* О некоторых спорных вопросах кибернетики // Философские вопросы кибернетики. М., 1961.
10. *Ленин В. И.* Полн. собр. соч. Т. 32. С. 201.
11. *Ляпунов А. А.* Об управляющих системах живой природы // Проблемы кибернетики. М., 1963. Вып. 10.
12. *Малиновский А. А.* Закономерности наследственности в свете дарвиновского учения об отборе // Успехи современной биологии, 1941. Т. XIV. Вып. 1.
13. *Малиновский А. А.* Значение качественного изучения управляющих систем для теоретических вопросов биологии // Применение математических методов в биологии. Сб. III. Л.: ЛГУ, 1961.

14. *Малиновский А. А.* Некоторые вопросы организации биологических систем // Организация и управление. М.: Наука, 1968.
15. *Малиновский А. А.* Обратные связи в биологических, в частности в патологических системах // Применение математических методов в биологии. Сб. I. Л., 1960.
16. *Малиновский А. А.* Роль генетических и феногенетических явлений в эволюции вида. Часть 1. Плейотропия // Известия АН СССР. Серия биол. 1939. № 3.
17. *Малиновский А. А.* Типы взаимодействия и их значение в организме // Рефераты работ учреждений Отделения биологических наук АН СССР за 1941–1943 гг. М.—Л.: АН СССР, 1945.
18. *Малиновский А. А.* Типы управляющих биологических систем и их приспособительное значение // Проблемы кибернетики. М., 1960. Вып. 4.
19. *Малиновський О. О., Уемов А. І.* Типи систем і основні біологічні закономірності // Організм як система. Київ, 1966.
20. *Селье Г.* Очерки об адаптационном синдроме. М., 1960.
21. *Талиев В. И.* Единство жизни (Растение как животное). М., 1925.
22. *Тимирязев К. А.* Чарлз Дарвин // Памяти Дарвина. М., 1910.
23. *Уемов А. И.* Системы и системные исследования // Проблемы методологии системных исследований. М.: Мысль, 1970.
24. *Холдейн Дж. Б. С.* Факторы эволюции. М.—Л., 1935.
25. *Шмальгаузен И. И.* Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии. М.—Л., 1938.
26. *Шредингер Э.* Что такое жизнь с точки зрения физики? М., 1947.
27. *Эфроимсон В. П.* Введение в медицинскую генетику. М., 1964.
28. *Harms J. N.* Wandlungen des Artgefüges. Tübingen, 1934.
29. *Timofféef-Ressowsky N. W.* Über die Vitalität einiger Genomutationen und ihrer Kombinationen bei *Drosophila funebris* und ihre Abhängigkeit von genotypischen und äusseren Milieu // Zeitschr. ind. Abst. u. Ver. Lehre. 1934. № 66.
30. *Wright S.* The Role in Evolution of Mutation, Inbreeding, Crossbreeding and Selection // Proc. 6-th Int. Congress Genetics. 1933. Vol. 1.

ТЕОРИЯ СТРУКТУР И ЕЕ МЕСТО В СИСТЕМНОМ ПОДХОДЕ*

Доклад

В рамках теории систем, как мне представляется, необходимо сначала определить специфику различных подходов к системному объекту. В этом смысле я исхожу из подхода известного эмбриолога и биохимика Дж. Нидхема, который в тридцатых годах указывал, что внутреннее строение системы определяется тремя факторами: качеством элементов, количеством их и, наконец, тем, как они складываются в общую архитектуру системы, то есть тем, что я бы назвал *структурой* системы.

Если говорить о каждом из этих аспектов, то можно отметить, что качественный подход к объекту изучения характерен для любой научной дисциплины; количественный подход широко разработан в математике; структурный же подход не нашел еще своего полного выражения ни в одной науке. Из существующих ныне наук наиболее близко к его разработке подошла кибернетика, но, на мой взгляд, и она не располагает теорией структур.

Можно ли изучать структуры в абстрактном разрезе? По-видимому, можно. Так мы можем изучать, например, централизованные и децентрализованные структуры, и все централизованные структуры будут иметь нечто общее, будь это планетная система или какие-то биологические образования, скажем, муравейник с центром в виде матки и т. д. или организм с центральной нервной системой, которой он управляется. Во всех этих случаях мы можем найти общие элементы, некоторые общие черты. Они и будут объектом изучения теории структур.

* Источник: [1970 г.]. В настоящем издании публикуются текст доклада А. А. Малиновского и его ответы на вопросы участников встречи-дискуссии «Системный подход в современной биологии» (11–12 декабря 1968 г., Институт истории естествознания и техники АН СССР, Москва). — *Прим. ред.*

В этом смысле учение о структурах является в некотором отношении сходным с математикой. Математика позволяет изучать количественные закономерности, не интересуясь качественной стороной. Два, умноженное на два, равняется четырем; это справедливо и для галактик, и для мысленных образов, и для любых других элементов, если мы берем их два раза по два. Точно так же и в учении о структурах возможна та же степень абстрактности, которая позволяет выделять то, что специфично для структур и систем, и применять полученные результаты к различным системам, независимо от того, о какого типа системах идет речь.

Учение о структурах наиболее важно и наиболее перспективно для биологических систем. При этом, однако, надо иметь в виду, что мы не можем на данном этапе полностью изучить те или иные конкретные структурные закономерности в системах, не считаясь в какой-то мере с качеством элементов и с количественной стороной системы.

Чтобы пояснить эту взаимосвязь разных подходов, я обращусь к элементарному вопросу математики. Если взять арифметическую задачу, простую школьную задачу, то мы видим, что ее решение обычно опирается на применение какого-то из четырех правил арифметики: сложения, вычитания и т. д. Прежде чем производить определенное действие решающий задачу должен каким-то образом определить взаимоотношение тех элементов, которые он будет взаимно сочетать. Скажем, он должен определить, надо ли умножить пять на восемь или их надо сложить. Решение этого вопроса зависит от того, в каком соотношении находятся элементы рассматриваемых совокупностей. Это решение принимается обычно интуитивно, но оно является по существу установлением определенного соотношения структур той системы, которая является предметом вычисления со стороны ученика, решающего эту задачу.

Таким образом, математика в своих даже самых элементарных шагах начинает с того, чтобы хотя бы интуитивно установить взаимоотношения определенных величин, а уже после этого производить с ними операции в зависимости от типа установленных отношений. Иначе говоря, количественный подход предполагает определенное изучение структуры. В более широком смысле это значит, что указанные нами три подхода к системе — количественный, качественный и структурный не могут быть полностью изолированы друг от друга, но для развития любого из этих подходов необходимо максимально абстрагироваться от остальных подходов. Желательно свести к минимуму те моменты, которые

являются в данном случае необязательными, привносятся со стороны других подходов.

В развитии каждой науки наступает момент, когда в качестве специального направления исследований начинает выделяться построение теории. Это связано с тем, что фактологический материал науки становится достаточно объективным. Здесь уже перестает играть роль личный опыт, позволяющий интуитивно корректировать неточные выражения при описаниях. Наиболее общие факты науки начинают играть роль объективных источников, которые могут служить основанием для дальнейшей переработки информации, для создания теории. Это уже не податливая глина субъективного опыта, а твердые кирпичи четко сформулированных описаний фактов, из которых теоретик, как архитектор, может строить теорию. Такое изменение организации науки наиболее ярко иллюстрируется физикой, но и не только физикой, а также такими науками, как, например, этнография, где в настоящее время теоретическое направление исследований существует уже сравнительно независимо от полевой этнографии. Биология в этом отношении в какой-то степени отстала. Причина этого заключается, во-первых, в огромном накопленном фактическом материале, а во-вторых, здесь играют свою роль и необычайная изменчивость биологических параметров, и сложный характер изучаемых объектов, и некоторые исторические предпосылки. Если говорить точно, то, пожалуй, теоретическая биология как таковая начинает создаваться только в настоящее время. Но, конечно, задолго до этого создавались отдельные теоретические работы, притом самого фундаментального значения. Ч. Дарвин, из фигур крупного масштаба, был первым, кто, исходя из материала, собранного в основном другими исследователями, создал стройную теорию, построенную с железной логикой, теорию, в которой он опирался на очень немногие, но зато хорошо аргументированные предпосылки. Что он сделал? Он взглянул на вопросы приспособления не антропоцентрически, а, если выразиться несколько вольно, организмоцентрически. Основным у него было установление взаимосвязи между наследственностью, изменчивостью и геометрической прогрессией размножения. Его решение вопроса было связано и с количественным подходом, но его количественные меры были очень широки, имели почти качественный характер. Он говорил: *более* жизнеспособен — *менее* жизнеспособен, *большое* потомство — *небольшое* потомство.

После Ч. Дарвина на основе его теории был развит сложный и точный математический подход в работах С. С. Четве-

рикова, С. Райта, Р. Фишера, Дж. Холдейна, А. Н. Колмогорова — с точки зрения генетики, а также в работах В. Вольтерра, А. Н. Колмогорова и др. — с точки зрения изучения борьбы за существование в природе. Все эти математические работы были основаны на логически точном структурном подходе, который был создан Ч. Дарвином. Основной вывод Ч. Дарвина полностью подтвердился, и хотя мы получили много новых интересных результатов, они все же основаны целиком на дарвиновском подходе. Пожалуй, можно сказать, что по значимости основной вывод Дарвина далеко превосходил те выводы, которые делались позже с более точным подходом и сложным математическим аппаратом уже на основе его результатов. Последнее замечание не означает малой эффективности математического подхода вообще. Но на данном примере можно видеть, что к *настоящему* моменту и *специально в области эволюционной теории* структурный, качественный метод дал пока больше, чем дополняющие его математические (в традиционном смысле) исследования.

Начиная с И. М. Сеченова, подходы к теоретической биологии развивались и по другой линии — по линии физиологии. Целый ряд чисто теоретических структурных положений развил И. П. Павлов и такие его ученики, как академик П. К. Анохин и др. Еще в 1912 г. физиолог Н. А. Белов очень точно сформулировал представление об отрицательных обратных связях, которые он называл немного иначе, но структуру которых он описал совершенно точно. Эти отрицательные обратные связи он считал основой всех жизненных процессов, ибо такие связи обеспечивают равновесие в организме. Позже он с полным основанием стал доказывать, что те же формальные связи обуславливают равновесие в любых системах — как живых, так и неживых.

Дальше это направление исследований развивалось, частично уже основываясь на строгих экспериментах, в работах М. М. Завадовского. Позже вопрос о роли обратных связей удалось несколько дополнить, в частности и сегодняшнему докладчику. Оказалось необходимым говорить не только об *отрицательных*, но и о *положительных* обратных связях, ибо отрицательные связи обеспечивают только *стабильность* организма, а в жизни организма имеются определенные периоды *развития*, когда на первый план выступает *нарушение стабильности*. Для этого нужны уже положительные обратные связи.

Наступила эра кибернетики, которая узаконила абстрактное изучение систем в биологии. Вторжение точных методов

в биологию шло и по другой линии — по линии изучения пограничных областей, связанных с молекулярной биологией. Многим из присутствующих здесь знакомы работы в этой области, начало которым положено исследованиями Н. В. Тимофеева-Ресовского, К. Г. Циммера, М. Дельбрюка и др.

Таким образом, в теоретической биологии по аналогии с теоретической физикой надо выделить два направления исследований.

Одно направление можно назвать изучением «микромира» в биологии, оно связано с молекулярной биологией и пролегает на грани между биологией и другими науками, там, где биологические закономерности переплетаются с физическими.

Другое направление — это изучение «макромира», где мы имеем дело с процессами специфически биологическими и где физические и химические процессы в лучшем случае выступают как элементы более сложной интересующей нас системы. Это — вопросы эволюции, поведения, онтогенеза, вопросы экологии и т. д. Первое направление менее специфично для биологии и, кроме того, оно более известно. Поэтому я буду говорить о втором направлении — изучении «макромира».

В теоретической биологии начало его исследования идет от Ч. Дарвина. Необычайно большой вклад внес сюда И. И. Шмальгаузен, создавший синтез самых различных областей биологии, что нашло отражение в его книге «Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии» (М.—Л., 1938), а также в других работах, показавших глубокие связи закономерностей онтогенеза, генетики и теории эволюционного развития.

Это направление теоретической биологии охватывает проблемы различных областей науки: от почти философских проблем (где возникают вопросы об отличии биологического уровня от косной материи и социального уровня) до чисто практических задач, где ставятся вопросы о приложении этих принципов к расчету наилучшего применения инсектицидов путем анализа эволюционных закономерностей, к изучению типов патологии, к проблемам физического развития или к проблемам продуктивности хозяйства (охотоведения, рыболовства и т. д.).

Эволюционно-генетическое и биоценотическое направления связаны по преимуществу с математическим и структурным подходами. Однако применение математики в биологии является чрезвычайно затруднительным. Почему? В первую очередь потому, что здесь необычайно велика изменчивость

параметров. Млекопитающие — от мыши до кита — построены в принципе по одной и той же схеме. Однако все параметры этих двух видов резко различаются, и найти для них общие количественные выражения чрезвычайно трудно; вместе с тем их структурная общность бесспорна. И бесспорно, что именно она обеспечивает сходным образом такую высокую жизнеспособность этих двух столь несоизмеримых в остальных отношениях животных.

Может быть, это немного грубый пример, но он объясняет, как важно найти общий системный подход, а не чисто количественный. Количественный подход позволяет уточнить, развить системный подход, но количественный подход сам по себе не решает проблему.

Как уже говорилось, в рамках системного подхода наиболее важным и вместе с тем наименее разработанным является учение о структурах, то есть о таких особых образованиях, которые общи всем системам данного типа, независимо от качества элементов и области, в которой мы изучаем систему.

Если различать системы по типам их структур, то можно говорить о системах жестко построенных, в которых имеются жесткие (не в физическом, а в функциональном смысле) связи элементов, когда изменение одного элемента влечет за собой изменения в остальных частях системы. Таким системам можно противопоставить системы дискретные, корпускулярные, где отдельные элементы связаны между собой не прямо, а через посредство их отношения к среде. Иными словами, они являются независимыми единицами, образующими систему благодаря тому, что обладают рядом общих черт.

Та дискретность передачи наследственных признаков, которую противники генетики ставили в упрек этой науке, по современным представлениям является необходимым условием успешной эволюции, так как она обеспечивает наибольшую свободу сочетания полезных признаков путем естественного отбора. Интересно, что аналогичное положение наблюдалось и в области изучения нервной деятельности. Ряд западных физиологов упрекали академика И. П. Павлова в том, что своим учением о рефлексах безусловных и условных он создал корпускулярную теорию поведения вместо учения о целостной реакции организма. Так, Дж. Когхилл показал, что у личинок амфибий после выхода из икринки наблюдаются не отдельные рефлексы, а единая, несколько более сложная реакция, которой они отвечают на любой раздражитель. Эта реакция захватывает всю личинку и приводит к продвижению ее вперед, увеличивая шансы на уход от опасностей и на пассивное улавливание пищи. Лишь

позже выделяются отдельные элементарные реакции по типу рефлексов. Это казалось убедительным доказательством того, что в поведении основным являются не отдельные рефлекторные реакции, а какие-то более целостные формы. Однако нетрудно видеть логическую слабость такой постановки вопроса. То, что в эмбриональном развитии исходной является единая нерасчлененная реакция, нисколько не мешает тому, что развившиеся формы поведения строятся все же на основе отдельных рефлексов. Это совершенно аналогично тому, как происхождение нашего организма из одной клетки — оплодотворенного яйца — не может служить основанием, чтобы отрицать многоклеточное строение взрослого животного или человека. В обоих случаях менее совершенная форма заменяется более дифференцированной и совершенной. Раздельность рефлексов обеспечивает возможность их комбинирования в различные приспособительные соединения как под влиянием внешней среды, так и под влиянием высших интегрирующих механизмов поведения. Проводя грубую аналогию, можно сказать, что из отдельных кирпичей можно построить и перестроить любую форму, в то время, как из единой глыбы камня никакая постройка невозможна.

Аналогия между генетическими механизмами и рефлекторными формами проведена не случайно. И там и тут требуется свобода комбинирования элементов, которая позволяет легко создавать новые сочетания в зависимости от требований приспособления к внешней среде, в одном случае — в эволюции организмов, в другом случае — в их индивидуальном поведении.

Чем более дробны, чем более независимы друг от друга генетические элементы, определяющие развитие признаков организма, тем более адекватно они могут слагаться в определенные генотипы. С другой стороны, чем более независимы друг от друга отдельные рефлекторные реакции, тем более адекватно будет реагировать организм на отдельные компоненты внешних условий. Вместе с тем на более высоких уровнях развития интеграция этих отдельных рефлекторных реакций оказывается более эффективной, если существует возможность свободно комбинировать отдельные реакции. Можно привести такой пример. Мы идем по улице. На нас падает то большее, то меньшее освещение. Наш зрачок реагирует на это освещение. В то же время мы беседуем или реагируем еще на какие-то внешние факторы. Все эти независимые реакции обеспечивают нам свободу действий и адекватность этих действий. Когда эта свобода нарушается, мы можем ожидать и нарушения приспособленности.

Охотники рассказывают, что убегающего зайца можно остановить свистком. Ориентировочная реакция зайца вызывает задержку его бега и, задерживаясь, он легко оказывается жертвой охотника. Следовательно, наличие связанности отдельных реакций может оказаться в одних случаях неблагоприятным, а в других — благоприятным.

Как уже говорилось, дискретные системы являются лишь одним из крайних возможных типов системы. Приспособление к постоянным условиям и повышение организации достигается, как правило, путем жесткого сочетания взаимодополняющих элементов системы, как это мы видим в органе зрения (хрусталик и сетчатка), структуре сердца и т. д.

Каждый из этих типов структур обладает своими особыми преимуществами и недостатками. Дискретные структуры позволяют, как сказано, осуществлять комбинаторику и отбор. Жесткие структуры обеспечивают экономичность и в ряде случаев — большее повышение организации, но зато они труднее изменяются и легко дезорганизуются при выпадении даже одного звена. Как ни просты эти принципы, их недоучет неоднократно вел к ошибкам в решении биологических проблем. Так, В. Ру и А. Вейсман предполагали, что целесообразность организма может достигаться не только путем отбора *между* организмами, но и путем отбора элементов *внутри* организма. Нетрудно показать, что отбор внутри организма, как правило, ведет не к усовершенствованию, а к нарушениям и к гибели, так как устойчивость элементов далеко не всегда соответствует их ценности для организма. Простой пример — повышенная конкурентоспособность в организме раковой клетки по сравнению с нормальной или соединительнотканной — по сравнению с нервной. Эта ошибка не возникла бы, если бы Ру и Вейсман понимали, что отбор может вести к усовершенствованию только в тех случаях, где мы имеем дело с дискретными системами, каковыми организмы в целом не являются, и что усовершенствование путем отбора, за некоторыми редкими исключениями, касается именно самих элементов, подвергающихся отбору.

В биологических системах мы наблюдаем по мере перехода от более элементарных на более высокие уровни закономерное чередование этих двух типов систем: жестких и дискретных. Так, в гаплоидном организме выпадение даже одного гена может угрожать ему гибелью, подобно тому как разрыв цепи в одном звене нарушает всю цепь. Однако гаплоидные организмы редки, и, как правило, в каждом ядре клетки имеется два гаплоидных набора хромосом, способных к взаимной замене и компенсации — случай простейшей

дискретной или корпускулярной системы. Соотношение ядра и плазмы опять-таки имеет характер жесткого взаимного дополнения с разделением функций и невозможностью, как правило, раздельного существования. Сходные клетки одной ткани представляют вновь систему дискретную с возможностью взаимной замены клеток, что часто имеет место при различных поражениях одних клеток и размножении замещающих их аналогичных. Разные ткани в одном органе жестко дополняют друг друга. Парные и множественные органы опять представляют собой случай статистической дискретной системы. Системы органов (нервная, кровеносная, выделительная и т. д.) вновь связаны между собой жестко в целостном организме. Такое чередование дискретных и жестких систем мы видим и далее.

Таким образом, изучение биологических систем должно несомненно включать в себя качественный и количественный подходы. Однако мне представляется, что центральным звеном здесь является создание учения о структурах, которое позволит, кроме всего прочего, более адекватно применять качественный и количественный подходы. Значимость такого учения подчеркивается тем фактом, что в очень большом числе случаев в биологических явлениях при изменчивости и неустойчивости параметров основные структуры и типы систем оказываются весьма стабильными. Мы проиллюстрировали это на несколько упрощенном примере сходства структуры у крайних по величине форм млекопитающих: мыши и кита; но, разумеется, такая устойчивость основных типов систем отмечается и гораздо шире. Именно это позволило ставить в самой общей форме различные проблемы в области эволюции, одинаково решаемые в принципе для многоклеточных и одноклеточных, для растений и животных.

Изучение типов систем и структур самих по себе чрезвычайно важно еще и потому, что позволяет четко решать некоторые вопросы, абстрагируясь при этом в известной мере от более детальных свойств объектов. Говоря образно, принципы архитектуры можно изучать и тогда, когда строительный материал известен лишь в самых общих чертах; нам не обязательно вдаваться в анализ химического и структурного состава кирпичей, но нужно лишь учитывать некоторые их свойства, знание которых необходимо при постройке здания. Поэтому понимание основных связей между строением системы и ее функцией позволяет решить сразу многие теоретические и практические вопросы.

Любопытно, что в свое время А. Н. Колмогоров, который развивал направление, заложенное В. Вольтерра по вопросу

о соотношении хищника и жертвы, разработал более широкие качественные методы и получил интересные результаты в своей работе, опубликованной в 1935 г. на итальянском языке. Он с полным основанием высказывал затем мнение, что необходимо развитие качественных математических методов, и несомненно, что в ряде биологических вопросов это особенно нужно и может оказаться одним из основных направлений в развитии общей теории. Но как ни важны качественные математические методы, можно думать, что они будут давать наилучший результат в том случае, если будут основываться на тщательно разработанном структурном подходе к объектам.

Такой подход есть в математике и кибернетике, но биология имеет свои законы, изучаемые ею структуры по своим формам чрезвычайно богаты и без их исследования и обобщения трудно понять явления жизни. Если бионика пока ищет и переносит в технику частные биологические механизмы, то еще более важной задачей является установление общих системных закономерностей, многие из которых могут оказаться применимыми в более широкой области, чем сама биология. Вероятно, прав Людвиг фон Берталанфи (хотя у него это было сформулировано в более общей форме и менее реализовано), что надо изучать в биологии системы любого типа. Кибернетика, изучающая управляющие системы, дала мощный стимул этому направлению в биологии, но потребности биологической теории шире по крайней мере по сравнению с тем, как это декларируется кибернетикой.

Для биологии важно изучение систем самых различных типов, а не только управляющих. Очень многие вопросы могут лежать в области изучения структур исполнительных систем, приспособленных к относительно пассивному функционированию под влиянием вышестоящих управляющих аппаратов, но в то же время очень специфичных по своей структуре, соответствующей их функции. Таковы, например, структуры, основанные на многоклеточности, на множественности различных органов, на приспособительном упрощении механизма, о котором мы говорили ранее.

Подходы к изучению структур, как мне представляется, могут быть различными. Возможен, в частности, теоремный подход, издавна широко используемый в математике, и подход аксиоматический. В этой связи можно заметить, что долгое время математика развивалась эмпирически и многие закономерности в ней еще 3—4 столетия тому назад были получены чисто эмпирическим путем. Лишь впоследствии они были «чисто» сформулированы и хорошо отработаны, были

определены правила оперирования с аксиомами и развитыми из них положениями.

Поэтому на сегодняшнем этапе мы должны не только пытаться формулировать структурные закономерности в абстрактной форме, но и отыскивать эти закономерности в живой природе. В частности, проводившееся мною различение жестких и дискретных систем в значительной степени вызвано тем, что в этом возникла определенная потребность. Сначала это была потребность скорее дискуссионная, но в дальнейшем появилась возможность обобщить выдвинутый принцип и сделать определенные выводы.

Большую роль в изучении структур играет установление аналогий между различными явлениями. Там, где мы видим аналогии, можно с большим основанием формулировать выводы, смысл которых состоит в том, что если в различных типах явлений имеются сходные закономерности, то эти закономерности можно рассматривать как общеструктурные, — как это делается применительно к количественным отношениям, формулируемым независимо от характера объектов.

Известно, что уже не раз предпринимались попытки создать общее учение об аналогиях. Многие присутствующие знают книгу М. Петровича, написанную в начале XX века, которая так и называется: «Учение об аналогиях». Петрович пытался в ней найти общие закономерности разных явлений и выразить их в абстрактной форме. Я не очень хорошо помню его конкретные выводы, но у меня создалось впечатление, что они были в принципе правильными. Однако, недостаточно хорошо обоснованные, а может быть — и слишком преждевременные, они не имели дальнейшего развития. Тем не менее сама такая установка является правильной.

Последний вопрос — что дает подход к биологическим системам с точки зрения структур и дает ли он что-нибудь вообще?

Он несомненно может давать определенные познавательные результаты. Опираясь на него, мы можем понять, почему в одном случае развитие идет по одному пути, а в других случаях — по другому пути. Мы можем сказать, почему одни нервные реакции являются корпускулярными, а другие — жесткими, связанными с жестко запланированными формами поведения. В первом случае это объясняется приспособлением к неопределенной среде, а во втором случае, например в половом поведении, пищевых рефлексах и т. д., за жесткими структурами стоит специфическая форма, которая наблюдается в среде однотипно. То же самое относится к внутренним механизмам, которые определяют корреляцию между различными органами и звеньями. Здесь тоже можно

говорить о жестких формах системы, которые дают организму определенные преимущества.

К представлениям об абстрактных структурах относится и учение о типах обратных связей. М. М. Завадовский, одним из первых указавший на отрицательные обратные связи, определил их как «плюс — минус» взаимодействие. Если А и Б связаны в одну сторону положительно, а в другую — отрицательно, то это значит, что при стимуляции будет «плюс—минус», а при угнетении — «минус—плюс». Эти связи были установлены в свое время Н. А. Беловым, потом экспериментально разработаны М. М. Завадовским. Для биологии полезно дифференцировать эти связи, выделив в особый класс положительные обратные связи. Такая дифференциация дает ряд интересных результатов.

Например, болезни можно классифицировать по типу кривой их развития, которая имеет разный качественный характер. С известными оговорками можно сказать, что имеются болезни нарастающие, такие, как гипертония, некоторые формы шизофрении, глаукома и т. д. Другие болезни при благоприятных внешних условиях имеют тенденцию сохранять патологическое состояние на некотором относительно постоянном уровне. Таковы в ряде случаев язвы желудка и другие трофические язвы, психастения, экземы и т. д. Некоторые заболевания, например, циркулярный психоз, могут давать определенные циклы, другие, как эпилепсия, под влиянием провоцирующего момента или без него, на фоне относительного благополучия, — давать неожиданные взрывы с временно благополучным окончанием (но с дальнейшими дегенеративными изменениями или без них). Нетрудно показать, что каждый из таких типов патологии связан со специфическим для него типом обратной связи.

Так, большинство нарастающих заболеваний должно иметь в своей основе наличие *положительной* обратной связи, которая все более усиливает проявление болезни. Тяготеющие к равновесию заболевания, как правило, имеют в основе некоторую стабилизацию, обусловленную наличием обратных *отрицательных* связей (но с *нарушенными параметрами*, что и приводит поэтому к отклонению от нормы). Циклические заболевания, по-видимому, основаны на такой же отрицательной обратной связи, но действующей с *запозданием*, подобно тому как, например, действует с запозданием отрицательная обратная связь между популяциями хищников и жертв, что приводит к циклическим колебаниям численности тех и других. Наконец, взрывы типа эпилептических имеют наиболее вероятное объяснение в сочетании положительных и отрицательных обратных связей.

Такая классификация позволяет рациональнее подойти к анализу патогенеза заболеваний. Она не дает, разумеется, непосредственно детального решения о причинах и путях развития болезней, но зато позволяет сразу откинуть целый ряд гипотез, не учитывающих соответствующие типы обратных связей, поскольку такие гипотезы не могут играть в данном случае существенной роли.

Представление о корпускулярности механизма наследственности также имеет непосредственно практическое значение. Например, в борьбе с вредителями и инфекциями обычно применяются антибиотики или инсектициды. Часто, применяя определенный инсектицид, получают среди уничтожаемых насекомых расу, к нему устойчивую. Тогда приходится переходить к другому инсектициду и т. д. Таким образом, идет бесконечная борьба с перевесом, пожалуй, на стороне не человека, а его врага. Подобный подход к борьбе с вредными насекомыми неправилен, так как всегда существует достаточно большая вероятность приспособиться к одному инсектициду путем единичной соответствующей мутации. Когда же вид таким образом приспособится, то последующее размножение даст миллионы особей. На их фоне применение нового инсектицида также может быть нейтрализовано новой мутацией. Если эта мутация суммируется с прежней, то это может дать новую расу, устойчивую уже к обоим ядам. Напротив, одновременное применение хотя бы только двух инсектицидов требует для выживания насекомого и создания устойчивой расы возникновения у одной особи одновременно двух полезных специфических мутаций, да еще прочно сцепленных, ибо если они разойдутся в потомстве, то все потомки, с одной только защищающей их мутацией, погибнут от второго яда, защиты от которого они лишились, потеряв вторую мутацию. Возникновение же двух мутаций, каждая из которых одновременно защищает от одного из специфических ядов, да еще мутаций сцепленных, — явление практически невозможное. Поэтому, хотя это менее экономично на первое время, одновременное применение двух-трех разнотипных инсектицидов было бы более рентабельным, так как оно почти гарантирует от возникновения устойчивых к ним рас насекомых.

То же относится и к применению антибиотиков. Два антибиотика или антибиотик плюс какой-то другой бактерицидный препарат, применяемые одновременно, а не последовательно, дали бы возможность избежать возникновения устойчивых рас микроорганизмов или сделать такое возникновение гораздо более редким.

В заключение я хочу отметить, что на данном этапе наиболее эффективным и необходимым звеном в биологии для развития теории систем является развитие учения о структурах, хотя мы должны пользоваться еще и математическими методами и методами качественного описания. Изучение структур должно проводиться при максимально возможном отвлечении от других подходов. Эффективность структурного подхода особенно очевидна в биологии, где сплетается масса различных моментов, различных факторов, в результате чего количественные параметры оказываются очень многообразными, качественные характеристики очень изменчивыми, но структурные закономерности довольно устойчивыми.

Эффективность структурного подхода в биологии определяется тем, что здесь мы имеем дело с множеством неизвестных. В этом смысле можно провести аналогию с теорией вероятностей: применять ее для двух величин было бы неэффективно, но без нее не обойтись при изучении взаимодействия большого числа величин. Аналогично, там, где имеется много неизвестных, мы можем выяснить общие черты структур, можем пользоваться теорией структур, чтобы определить особенности данных систем и их место среди других систем.

Ответы на вопросы

В. И. Кремянский. Вероятно, выделяя крайние типы структур биологических систем, Вы не исключаете существование систем смешанного типа, переходных, а главное — обобщающих «жесткий» и дискретный подходы.

А. А. Малиновский. Совершенно верно. Во-первых, мы имеем тип промежуточный, во-вторых, имеются системы такого типа, который построен по принципу чередования двух типов структур, и, наконец, есть третий тип, где жесткость в какой-то мере синтетически соединяется с корпускулярностью. В этом отношении очень показательна, например, система эндокринных органов, будь то половые или щитовидные железы. Имеется жесткая связь этих органов через одно центральное звено и, с другой стороны, каждое из остальных звеньев является конечным в цепи, благодаря чему оно и может безболезненно удаляться и заменяться. Такой тип структуры в значительной мере регулирует развитие всего организма. Очень характерно при этом, что соответствующие гормоны являются очень устойчивыми, и гормоны, взятые у одного класса, можно применять к особям другого класса.

А. В. Яблоков. Не можете ли Вы подробнее сказать, в чем заключается структурный подход Дарвина? Ведь обычно

в нашей литературе противопоставляются эволюционный подход Дарвина и структурный подход.

А. А. Малиновский. Говоря о структурном подходе Дарвина, я понимаю под структурой взаимоотношения таких основных факторов живой природы, как наследственность, изменчивость и геометрическая прогрессия размножения. Может быть, я употребляю понятие структуры немного не в том смысле, как обычно. Я говорю о структуре как о типе взаимоотношений между явлениями. Для меня это не структура организма, а структурная особенность живого — размножение, наследственность и изменчивость.

К. М. Хайлов. Какое определение Вы даете понятию системы?

А. А. Малиновский. Я не даю определения системы. В каждом конкретном случае, я полагаю, можно рассматривать любую изолированную группу единиц как систему, которую мы выделяем по тому или иному принципу. Важно лишь, чтобы был сформулирован и проведен единый принцип. Пока я не вижу достаточно универсального определения. В нашей совместной статье с А. И. Уемовым в книге «Организм як система» (Киев, 1966) мы пытались определить систему как объединение элементов, основанное на таком систематизирующем отношении, которое повторяется в этом объединении и распадается на меньшее число элементарных отношений, чем число отношений элементов, не образующих системы. Мы можем говорить о любом принципе, выделяемом в комплексе и превращающем его в систему, если такое выделение преследует какую-то практическую цель.

К. М. Хайлов. Вы ставите знак равенства между структурой и организацией?

А. А. Малиновский. Нет.

К. М. Хайлов. Тогда как Вы различаете эти понятия?

А. А. Малиновский. Структура — это тип взаимоотношения без учета того, является ли он высоко или низко организованным. Чтобы иметь определенный тип взаимоотношений, надо определенным образом упорядочить систему. Организованность же — иное понятие, отличное от упорядоченности и от структуры.

Если говорить об изменении качеств с биологической точки зрения, то можно рассматривать организованность как повышение жизнеспособности. Мне кажется, что неправы те, кто пытается поставить знак равенства между упорядоченностью и организованностью. В некоторых случаях высокая упорядоченность может мешать организованности, и наоборот. Есть, по-видимому, оптимум упорядоченности для данной организованности.

Система — это просто констатация факта существования определенного объединения. Упорядоченность — это степень вероятного сочетания элементов в том или ином типе взаимоотношений. Структура — самый тип этих взаимоотношений, а организованность — это степень приспособления данного типа структур, степень потенциальных возможностей данной системы.

К. М. Хайлов. Вы выражаете организованность через совершенство. Совершенство — понятие, которое само требует определения. Как определить совершенство? Ваша попытка, мне кажется, заключается в том, чтобы определить совершенство через интенсивность, то есть повышение функции. Так ли это?

А. А. Малиновский. Повышение функции — это один из показателей. Иногда может быть и понижение функции. Я думаю, что одноклеточные оказываются более приспособленными, чем те организмы, которые неспособны инцестироваться.

К. М. Хайлов. Возьмем зависимость между весом и любой физиологической или биохимической функцией. Если эта функция отнесена к выделенным затратам тепла, потреблению кислорода на одну особь, то зависимость от веса имеет экспоненциальный характер. Если Вы рассчитываете эту функцию как удельную, то есть на единицу веса тела, то тогда с увеличением веса интенсивность функции не повышается. Получается, что в эволюции имеет место не столько интенсификация функций, сколько, наоборот, их падение. Выходит, что эволюция идет вверх, а функция понижается.

А. А. Малиновский. Прежде всего я хотел бы заметить, что, например, насекомые прошли эволюцию более длительную, чем мы, поэтому они более совершенны в ряде отношений, в том числе и энергетически. Это связано с тем, что эволюцию мерить нужно не годами, а поколениями; поколений же у насекомых было больше. Но дело не только в этом. Вопрос главным образом заключается не в интенсивности энергетических функций, а в качестве ряда других функций, в первую очередь — в способности к получению и использованию информации. Здесь же положение иное. Получить информацию слону легче, и он, вероятно, ее более полно использует, чем какой-нибудь жук.

Поэтому я думаю, что здесь энергетические мерки не подходят, они очень важны и необходимы, но основная мерка — это потенциальная способность выживания, определяемая не только и не столько энергетическими показателями, сколько получением и переработкой информации.

Я это формулировал бы так. Всякая эволюция сводится к увеличению избирательности в отношении среды, а избирательность возрастает при повышении организации. Мамонты вымерли как раз благодаря понижению избирательности в определенном отношении. У них замедление эволюции усиливалось за счет увеличения особи и уменьшения интенсивности отбора, уменьшения возможностей мутационного процесса для отбора.

Конечно, во всех этих случаях количественные показатели играют важную роль: чем выше эти показатели, тем больше возможна комбинаторика элементов и, следовательно, возможно большее богатство структуры и большее совершенство организации.

Поэтому, хотя насекомые прошли эволюцию более длительную и в ряде отношений, несомненно, более совершенную, чем мы, один — и самый важный — аспект эволюции был у них ограничен — это способность к усвоению и переработке информации. Благодаря чисто количественным ограничениям размеров центральной нервной системы для них этот путь эволюции заперт.

В эволюции имеется много закрытых путей. Многие, в том числе и я, отмечали, что в эволюции не появились ни колесо, ни винт, ни другие подобные вещи, которые человек легко мог использовать даже на первых стадиях своего развития. Наша техника стоит еще очень низко по сравнению с биологическими системами в смысле отшлифованности, зато она менее ограничена качественно, потому что мы можем заранее прогнозировать возможности и идти на некоторую временную убыль, создавая благодаря этому структуры, которые живая природа не может создавать из-за близорукости естественного отбора: для него пригодно то, что может дать преимущество на ближайшем этапе.

Ю. М. Свирежев. Вы говорите о системном подходе, но мне не очень ясно, что это такое. Любой подход подразумевает определенное чередование операций и определенный тип самих операций. Какую операцию Вы считаете характерной и необходимой для выделения какого-то множества в качестве системы? И, во-вторых, какую процедуру, по-Вашему, нужно производить с выделенным Вами множеством? Может быть, суть системного подхода можно показать на примере?

Вот, скажем, у нас есть объект. Например, мы выделили некое множество индивидов или молекул. Что мы должны дальше делать с этим множеством, чтобы можно было говорить о системном подходе? Например, физик может определить вес этого множества. Очевидно, это не будет системным подходом.

Г. Н. Громов. Я бы хотел дополнить вопрос Ю. М. Свирижева. Вы говорили, что теорию систем следует строить изолированно от других подходов, и вместе с тем сравнивали ее с математикой. Но ведь математика построена на ряде аксиом, и только на этой основе мы получаем стройное здание теорем. Например, эмпирически закономерности электромагнитного поля были получены задолго до теории Максвелла, но теоретические закономерности дала лишь аксиоматически построенная теория Максвелла. Существует ли у Вас определенная система аксиом и определенная последовательность операций, при помощи которых можно получить ту или иную структуру?

А. А. Малиновский. Я начну с конца. Вряд ли имеет смысл ссылаться на четырехтысячелетнюю историю человечества. Как Вы знаете, аксиома — это довольно позднее произведение математиков в развитии науки. Сейчас в изучении систем такой период, когда мы можем полуэмпирически формулировать некоторые положения, можем говорить о некоторых обобщениях как элементах учения о структурах. Грубо говоря, пока мы можем только сравнивать. В конечном счете система определяется и количественными параметрами, но ими можно оперировать лишь при наличии развитого учения о структурах. А пока, на мой взгляд, говорить об аксиомах было бы преждевременно.

Для меня есть некоторые бесспорные аксиомы. Например, для меня аксиома, что в дискретной системе принцип наименьших непригоден так же, как в жесткой системе непригоден принцип отбора. Я знаю несколько авторов, занимавшихся теорией структур в том направлении, которое представляется мне правильным. Это М. Петрович, А. А. Богданов, в биологии — М. М. Завадовский, Н. А. Белов и некоторые другие.

Я хотел бы еще раз подчеркнуть, что и в математике возможен и необходим качественный подход, когда говорят «больше» и «меньше» и не говорят о количественных закономерностях в строгом смысле.

Именно такой подход развивал А. Н. Колмогоров в работе, о которой я уже говорил. Характеризуя взаимоотношение хищника и жертвы, Колмогоров указывает, что при переходе *определенного верхнего предела* развития популяции жертвы, хищник начинает размножаться, а при переходе *нижнего предела* он начинает убывать, потому что редко встречает жертву.

Что касается процедур, характерных для системного подхода, то мне бы хотелось сказать вот что: имеется новое направление, которое представляет ценность, поскольку оно

позволяет выделить некоторые типы систем, которые мы можем различать по их структурам. Выявляя определенные аналогии и доводя их до уровня структурных аналогий, мы можем сделать вывод: данная структура ведет к таким-то результатам.

В такой постановке вопрос ставится в зависимости от конкретной задачи. В абстрактном же разрезе нас интересует следующий момент: типы структур и определяемые этим особенности функционирования систем.

Здесь, конечно, еще нет той операциональной строгости и четкости, о которой говорят Ю. М. Свиричев и Г. Н. Громов. В изучении структур мы, образно говоря, находимся сейчас на том уровне, когда есть сложение и вычитание, но еще нет умножения и деления. Приходится поэтому начинать с азов.

Л. А. Блюменфельд. Что такое высоко и что такое низко организованная система, что является здесь критерием?

А. А. Малиновский. С моей точки зрения, потенциальная жизнеспособность. Самое трудное, как мне кажется, в том, чтобы понять следующую вещь: высокоорганизованная система должна обладать свойствами и жесткой, и корпускулярной систем; они взаимно дополняют друг друга, и наличие только одной из них еще не определяет достаточной жизнеспособности системы.

Наличие гибкости и пластичности в корпускулярной, дискретной системе и наличие высокой организации, которая только возможна при жесткой системе, являются, каждое в отдельности, необходимыми условиями, но, вероятно, недостаточными.

Л. А. Блюменфельд. Не получается ли здесь какого-то порочного круга? Ведь Вы говорили, что эволюция идет в сторону повышения организации.

А. А. Малиновский. Нет, это, может быть, одно и то же, но здесь порочный круг не получается. Я говорил, что повышение приспособления связано с увеличением получения и переработки информации. И мне кажется, что такое понимание пока что дает нам практически достаточно много. Другое дело, что оно, может быть, дает недостаточно структурных показателей. О некоторых из них я говорил, но здесь, конечно, могут быть разные точки зрения.

Поскольку мы делаем первые шаги, много сказать вряд ли здесь возможно, но все-таки кое-что сказать мы можем. Я думаю, что и на этом спасибо.

К. М. Хайлов. Я хотел бы несколько развернуть тот же вопрос. Возьмем абстрактную дихотомическую схему. Можно ли сказать о двух системах, возникших в результате функциональной дивергенции, что их организация может быть

оценена в категориях «выше» или «ниже», принимая во внимание, что их элементы выполняют разные функции?

А. А. Малиновский. Мне кажется, что на этот вопрос нельзя ответить в общем виде. Эволюция может быть в разных условиях различной. В Старом Свете эволюция шла скорее, чем в Австралии. Существовали какие-то условия, которые за тот же срок обеспечили там и здесь разную степень приспособления. Кролики могли в Австралии вытеснить других животных, хотя в наших условиях их приспособленность недостаточна для этого.

Здесь важно не столько конкретное звено или пройденный этап эволюции, сколько то, какая получена структура; а это зависит от конкретных условий эволюции, а не от количества звеньев, которые пройдены в данном эволюционном процессе. Поэтому вполне возможно, что более короткая эволюция дает больший эффект. Хотя человек прошел более короткую эволюцию, но она проходила при наличии высшей нервной деятельности; а один этот признак дает огромные преимущества перед другими видами.

Ю. М. Свирижев. Вы говорите, что эволюция ведет к некоторому повышению степени приспособленности. Но представим себе такую абстрактную схему. На каком-то отрезке довольно долго внешние условия не меняются, и некоторый тип систем достиг высокой степени приспособления. Вместе с тем параллельно развивающаяся система в силу каких-то причин достигла меньшей степени приспособления в той же среде. Но вот под влиянием определенных случайных изменений среда изменилась, и та система, которая была более приспособлена к прежним условиям среды, стала теперь менее приспособленной, чем другая система.

Из того, что Вы рассказывали, можно сделать в общем-то вряд ли справедливый для этого примера вывод, что по своей приспособленности и организованности эта вторая система в целом хуже, поскольку ее параметры ниже некоей средней промежуточной характеристики систем. У меня складывается впечатление, что когда Вы говорите о системах и их приспособленности, то Вы исходите из того, что мы должны непременно вводить некоторый телеологический критерий.

А. А. Малиновский. С этим я не могу согласиться. Дело в следующем. В биологии есть понятия идиоадаптации и ароморфоза. В конкретной устойчивой среде может иметь место явление идиоадаптации, то есть приспособления к данной среде; чем более специфичны явления идиоадаптации, тем менее приспособляем данный организм. В этом отношении Вы были бы правы, но есть и другой тип изменений. Переход от трехкамерного сердца к четырехкамерному выгоден;

повышение богатства реакций центральной нервной системы всегда выгодно, ибо при тех же энергетических затратах обеспечивается большее богатство реакций. Это возможно за счет избирательного торможения, которое играет огромную роль в богатстве наших реакций и является, на мой взгляд, одной из общих тенденций развития жизни. По существу, избирательное торможение — это и есть умение получить максимальную информацию и переработать ее избирательно. Иначе говоря, максимальная защита и максимальный выбор защитных ресурсов из среды. Могу привести конкретные примеры, где это так и было.

В исследованиях Н. П. Дубинина по инверсиям было установлено, что инверсия занимает около 1 % хромосом в сельской местности, а в городе она повышается до 50 %, то есть оказывается равноценной. Можно взять более простой случай. Меланистические формы бабочек оказались хорошо приспособленными в индустриальных странах. Они могли существовать, хотя были менее дифференцированными по сравнению с другими формами. Но это относится к идиоадаптации. А когда речь идет об ароморфозе (я его определяю как повышение избирательности реакций), то здесь положение такое: на одной и той же территории организм может быть способен и к приспособлению, и к изменению.

Н. В. Тимофеев-Ресовский. Мы слышали много крайне неопределенной терминологии. Поскольку это затрудняет дискуссию, я хотел бы попросить Вас показать, какая имеется разница между применением структурного принципа и системным подходом и какое между ними существует сходство. И заодно скажите, пожалуйста, как Вы определяете систему и структуру. Я хочу заметить: мне все равно, как Вы их определите. Но употребляя слово «система», нужно знать, что под этим подразумевается; употребляя слово «структура» — знать, что под этим подразумевается, употребляя слова «применение структурного принципа», скажем в биологии, — знать, что под этим подразумевается. И, наконец, употребляя заглавные слова «системный подход», — знать, что под этим подразумевается. Иначе дискуссия может стать очень неопределенной.

А. А. Малиновский. На первом этапе какие-то вещи бывают неизбежно лишь интуитивно определенными.

Из истории математики, с которой я немного знакомился, известно, что многие хорошие математики упрекали в свое время создателей математического анализа в том, что у них много неопределенных, неточных формулировок. Даже в эту дисциплину точность пришла значительно позже, и это,

по-видимому, вполне закономерно. Трудно связывать себя жесткими формулировками, когда для этого нет достаточно выработанных основ.

Под системой я подразумеваю просто любой комплекс элементов, независимо от их природы. Под структурой я разумею способ связи элементов; структура — это не сам по себе набор элементов, а скорее их связь между собой.

В первом случае мы имеем дело с конкретной реальностью, то есть с конкретным реальным набором элементов; во втором случае — только со способом их связи. Следовательно, система включает в себя и набор элементов, определенное их количество, и структуру.

В системном подходе нас интересует то, что мы называем целостностью системы. А понятие структуры позволяет сказать, что данная система обладает такими-то особенностями, другая система — другими.

Н. В. Тимофеев-Ресовский. Мне кажется, что структура — это понятие жесткое, выражающее неизменяемость.

А. А. Малиновский. Да, система эволюционирует, а структура может оставаться одной и той же, но может и измениться.

В. И. Кремянский. Можно ли сказать, что структура — это мгновенный снимок системы?

А. А. Малиновский. Нет, это мгновенный снимок внутренних взаимоотношений в системе. Когда я говорю о структуре, в частности о централизованной структуре, то она реально может существовать одновременно в разных местах, например могут существовать две монархии, обладающие сходной структурой, но разными элементами. Благодаря этому это будут две разные системы.

Э. Г. Юдин. Значит, важно, чтобы система была в развитии, а структура при этом может быть фиксированной?

А. А. Малиновский. Для классификации структур нам необходимо определить их различие. В процессе развития может меняться и структура системы. Например, в Англии в 1348 г. после чумы было 2,5 млн чел., а сейчас там 50 млн. Очевидно, количественная характеристика системы изменилась, а система все-таки осталась в принципе та же, она лишь прошла эволюцию.

Э. Г. Юдин. Тогда непонятно, что включается в понятие системы. Если это субстрат, то он в Вашем примере полностью изменился. Если имеется в виду связь, то какова она в данном случае? Что именно мы можем выделить в этом реальном объекте в качестве инварианта? Или же мы просто утверждаем, что он варьирует, или сохраняется, или существует?

А. А. Малиновский. Любые выделенные нами множества элементов, на мой взгляд, могут представлять собой системы. В данном случае я говорю только об отождествлении системы во времени. Для такого отождествления единственным способом мне представляется установление преемственности.

Э. Г. Юдин. А что именно мы отождествляем?

А. А. Малиновский. Систему прошлую с тем, как она развивалась. Точка не имеет никакой метки, но тем не менее, когда мы определяем ее движение, то опираемся на понятие преемственности и говорим: точка проэволюционировала. Нам нужно отождествить систему саму с собой во времени, и мы говорим: структура изменилась, изменилось время, но это преемственная система, поскольку здесь имеется инвариант, то, что в системе сохранилось. Например, в античной культуре мы видим, что центр перешел из Греции в Рим, а культура осталась.

К. М. Хайлов. Что же тогда перешло?

А. А. Малиновский. Здесь существовала преемственность. Точно так же, как в движении точки: фиксируя это движение, мы видим различное расположение точки, но вместе с тем не можем отличить одну точку от другой. Но так как она передвигалась преемственно, то мы говорим, что это одна и та же точка.

МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ СИСТЕМ*

Одна из основных проблем теории систем — раскрытие общих механизмов организации целостных систем. Главным здесь является вопрос о том, каким образом из элементов, имеющих одни качественные особенности, может сложиться система, обладающая совершенно иными качественными особенностями. Иначе говоря, почему целостная система отличается от суммы составляющих ее частей и связей? Самый факт такого отличия многократно фиксировался в истории философии и специальных наук, а в ряде случаев получал соответствующую интерпретацию. Достаточно вспомнить анализ К. Марксом проблемы кооперации или мысль Ф. Энгельса о преимуществе наполеоновской армии перед ее противниками в организации.

Проблема эта постоянно возникала также в биологии и психологии. Такие направления, как гештальтпсихология, холизм, органицизм и т. п., возникли именно из утверждения о важнейшей роли коренных различий между свойствами отдельно взятых элементов и целостной системы, в которую они входят. Однако отсутствие ясных представлений о механизмах формирования целостности приводило в этих дисциплинах к развитию виталистических взглядов, выносивших причины целостности за пределы самой материальной системы, а вместе с тем вместо анализа основной проблемы — механизма организации целостной системы — исследователи занимались главным образом изучением признаков, характеризующих эволюцию целостных систем (дифференциация, интеграция и т. д.).

С возникновением дисциплин, которые принято объединять как относящиеся к теории систем (учение об аналогиях, тектология, кибернетика, общая теория систем и т. д.), появилась необходимость проанализировать в обобщенной форме те механизмы организации, которые обуславливают возникновение в целостной системе новых, интегративных свойств.

* Источник: [1973 а].

Одну из попыток решения этой проблемы предпринял еще в 1913 г. А. А. Богданов [2]. По его утверждению, при объединении в организованную систему каких-либо составляющих происходит сложение их «активностей» (т. е. положительных проявлений); хотя это сложение и не носит чисто арифметического характера (не является полным), оно все же дает значительный эффект, поскольку «сопротивления» (т. е. противостоящие «активностям» отрицательные воздействия) при этом не складываются. Например, два работника, переносящие тяжести, объединяют, вкладывают свои усилия, тогда как сами тяжести не объединяются между собой.

Здесь, таким образом, рассматривается случай, когда объединение элементов в систему повышает эффективность их действия за счет простого (и даже неполного) сложения их активностей при полном отсутствии сложения сопротивлений. Нетрудно видеть, что это частный случай проблемы в целом. Во-первых, здесь речь идет лишь о возрастании уже имеющихся функций, а не о появлении новых. Во-вторых, говорится только о сложении активностей, хотя принципиально возможны и иные формы взаимодействия элементов, образующих систему. В-третьих, процесс организации может заключаться не только в первичном изменении соотношений внешних и внутренних по отношению к системе факторов, но и в изменении соотношений сначала в самой системе, которое лишь позднее скажется на отношении системы к среде. Наконец, в этом рассуждении рассматриваются только элементарные, так сказать, «одноэтажные» сложения активностей, хотя возможны, как мы увидим, и более сложные случаи, когда взаимодействие элементов происходит не на одном этапе и не на одном уровне, а последовательно, в несколько этапов.

Рассмотрим несколько примеров организации различных систем и постараемся выделить в этих примерах то общее, что их объединяет, чтобы выяснить, что именно лежит в основе возникновения новых качеств в системе. Обратимся сначала к элементарному примеру, сравнимому по простоте с примером А. А. Богданова. Представим себе простейшее сооружение из кирпичей (или каменных, бетонных блоков) — стену, которая препятствует выходу из замкнутого пространства какого-то объекта, скажем, воды в колодце, зерна в зернохранилище, животных в загоне. Здесь важно лишь, что стена полностью замыкает сравнительно небольшое пространство на плоскости, чем отличается от подобного же количества кирпичей, разбросанных по земле или наваленных в кучу. Для простоты будем рассматривать лишь вид

сверху этого сооружения, принимая, что оно состоит только из одного ряда кирпичей (блоков, камней), ибо увеличение высоты или толщины стены не меняет главного — создания качественно нового явления, т. е. замкнутого пространства, из которого нет выхода находящимся в нем объектам.

Здесь мы видим типичный случай повышения организации: неупорядоченная куча кирпичей не имеет важнейшей особенности, которой обладает замкнутая стена. В работе [4] мы рассмотрели этот пример более подробно, поэтому сейчас лишь напомним схему рассуждения. Суть дела здесь в том, что любой элемент не является с организационной точки зрения неразложимой единицей. Если подвижный объект встречает на пути такой элемент, то его различные геометрические стороны имеют разное значение: одна, препятствующая, составляет препятствие (если для простоты считать, что кирпич одной стороной расположен перпендикулярно движению объекта), а другая, проходная, — параллельна движению и не мешает ему. При соединении кирпичей в ряд препятствующие стороны суммируются и препятствие растет, а проходные стороны, соединяясь, взаимно нейтрализуются, сохраняя свою функцию только на концах стены. Когда стена замыкается, последние две проходные стороны взаимно нейтрализуются и остаются только препятствующие. Отношение конечной величины к нулевой (препятствующих сторон к проходной) принципиально иное, чем было отношение конечной величины к конечной же, поэтому возможность выхода исчезла.

В этом примере существенно, что 1) качественно новые особенности возникают даже при полном сходстве организуемых элементов (а не при их взаимном дополнении); 2) это возможно благодаря тому, что элементы никогда не бывают абсолютно «элементарными»: фактически они проявляются в ряде свойств и особенностей, которые мы назовем «субэлементами», полагая, что они неотделимы друг от друга (например, мы не можем отнять у элемента форму, сохранив его цвет или вес); соотношение субэлементов определяет общую характеристику элементов в целом; 3) сложность элементов и позволяет, изменяя соотношение их свойств, получить новые особенности на уровне системы, основанные на этих соотношениях.

Данный пример наиболее близок к схеме А. А. Богданова, но отличается от нее тем, что, хотя здесь роль субэлементов и взаимно противоположна, однако выделить одни как «активности», а другие как «сопротивления» можно лишь очень условно. И — главное — та и другая категория субэлементов (препятствующих и проходных сторон) находится в пределах

самих элементов, а не во внешней среде, как было в примере Богданова. Сходство же заключается в том, что здесь мы еще имеем дело с простыми сложениями (препятствующих) и вычитаниями (проходных) субэлементов, хотя дело далеко не всегда обстоит именно таким образом.

В качестве другого примера рассмотрим простейший инструмент, пинцет, тоже состоящий из двух однотипных элементов — браншей, скрепленных в одном конце упругой связью (последнее — лишь дополнение; принципиально возможно, при меньшем, правда, удобстве, обойтись и без нее). Отдельная ветвь пинцета не может захватить предмет: под влиянием ее прикосновения он отодвинется, а силы трения между одной ветвью пинцета и объектом слишком слабы, чтобы последний двигался в различные стороны вместе с ней. Между тем вся работа пинцета построена именно на трении: будь бранши и предмет абсолютно скользкими, предмет выпал бы, так как он ограничен браншами лишь с двух сторон и может выскользнуть в любую другую сторону.

Однако у пинцета две бранши. Их воздействие на предмет противоположно, и под влиянием их давления предмет не сдвигается с места, так как оба давления в этом отношении взаимно нейтрализуются. (Первый этап — взаимное вычитание двух противоположно направленных действий. Два «динамических» субэлемента устраняются.) Предмет, следовательно, в поперечном направлении твердо фиксирован, в других же направлениях у него нет причин для движения.

За счет этого имеет место второй этап взаимодействия: нажим браншей может возрасти, а с ним, как известно, возрастает пропорционально и трение. Достигнув определенной критической точки, трение оказывается достаточным, чтобы обеспечить такую прочную связь объекта с пинцетом, которая позволила бы уже свободно оперировать захваченным в бранши предметом.

Таким образом, система работы пинцетом основана на следующих этапах взаимодействия двух однотипных браншей и объекта: 1) взаимная нейтрализация двух противоположных движений, вызванных противоположными нажимами двух браншей; 2) дальнейший рост нажима обеих браншей, обеспеченный неподвижностью объекта; 3) вызванное этим усиление трения; 4) достигнутое в итоге сцепление объекта с пинцетом.

Иначе говоря, на первом этапе мы имеем взаимодействие (взаимная нейтрализация, взаимное «вычитание») действия двух браншей в горизонтальном направлении. Это — узловый момент, который обеспечивает рост трения, при этом параллельное действие браншей в других направлениях (вверх,

в бок) не нейтрализуется. Это и дает конечный эффект действия инструмента.

Как видно, здесь формулировка А. А. Богданова слишком узка. Взаимодействие элементов может иметь более широкий характер, чем простое сложение активностей и внешних сопротивлений. Верным остается то, что при связи элементов происходит неравномерное взаимодействие субэлементов, приводящее к новым соотношениям в системе, которые и сказываются как новые качественные особенности данной системы в целом.

Является ли это всеобщим и единственным путем организации целостных систем? Сейчас было бы неосторожным подобное утверждение, хотя автору настоящей статьи оно кажется довольно вероятным. Чтобы показать широту применения этого принципа в появлении новых качественных особенностей и выявить некоторые другие черты механизмов организации, остановимся еще на одном, гораздо более сложном примере, достаточно далеко от приведенных выше. Это — проблема возникновения художественного впечатления от системы элементов (звуков, красок, слов), по отдельности (и в сумме, но вне организованной системы) не производящих такого впечатления [5].

Искусство, как и ряд других явлений в жизни общества, представляет собой единство двух сторон. Одна сторона его связана с социальным моментом, значение которого ясно выступает, например, при сравнении содержания и специфической формы «Дубинушки» и салонного романса. Другая сторона искусства связана уже со специальными законами высшей нервной деятельности, частью раскрытыми И. П. Павловым. Мы рассмотрим именно эту, вторую, сторону.

Для художественного произведения (рассказа, картины, музыкального произведения и т. д.) характерно, что, имея для человека не большее реальное житейское значение, чем ряд других явлений (сообщение об отдаленных событиях, нехудожественная фотография, шумы), оно, однако, вызывает у воспринимающего очень интенсивную эмоцию. Пути возникновения художественного эффекта в значительной степени можно понять, исходя из изложенных принципов организации с учетом некоторых закономерностей высшей нервной деятельности, примененных к той конкретной форме искусства, которая наиболее благоприятна для такого анализа.

При анализе этой проблемы необходимо, однако, исходить из того, что известные уже факты и закономерности являются своего рода моделью, образцом протекания более широкого круга различных процессов высшей нервной

деятельности — заключения условных связей различных порядков, различных видов возбуждения, угасательного, внешнего и дифференцировочного торможений и т. д. Эти и другие закономерности и функциональные структуры (системность, различие первой и второй сигнальных систем, понимание ассоциаций как физиологической временной связи и т. д.) должны быть исходными моментами для выяснения условий возникновения художественного эффекта. Однако (и согласно самому И. П. Павлову) для психологического анализа их понимание должно быть распространено на те области и формы временных связей, которые непосредственно в опытах на животных не затрагиваются.

В то же время при анализе общих закономерностей нормального (то есть не связанного с психопатологией) искусства, естественно, не могут быть использованы ни типология высшей нервной деятельности, — имеющая значение, например, уже при анализе того или иного отдельного стиля художника и т. д., — ни тем более закономерности патологических явлений (фазовость и пр.), в нормальном восприятии не играющие существенной роли.

Выбор формы искусства, наиболее подходящей для анализа, должен быть основан на сравнении и классификации видов искусства согласно учению о высшей нервной деятельности. С этой точки зрения искусство можно разделить на: 1) формы с преобладанием воздействий прямо на врожденные, безусловнорефлекторные реакции (ритм, звук, цвет и т. д.), наиболее ярким представителем которых является музыка (не программная); 2) формы с преобладанием воздействий через первую сигнальную систему (например, формы, изображающие известные предметы, ситуации и т. д., в первую очередь живопись и скульптура) и, наконец; 3) формы с преобладанием воздействия через вторую сигнальную систему (слово) — различные виды словесного искусства, устного и письменного. Во всех случаях речь может идти только о преобладающем элементе, так как, например, даже в прозе не исключено влияние ритмов (преимущественно безусловно рефлекторный элемент), а в музыке влияние различных временных связей, образовавшихся с теми или иными звуковыми и ритмическими моментами.

Согласно К. Марксу, для анализа связей и отношений наиболее удобны развитые и дифференцированные формы явлений [6]. В нашем примере таковой из различных видов искусства является литература; с одной стороны, она основана на второй сигнальной системе, связанной с языком, сфера действия которого почти безгранична. С другой стороны,

вторая сигнальная система опирается на системы низших порядков — на первую сигнальную и безусловнорефлекторную — и, таким образом, действует при их непременном участии. Наиболее удобной для анализа формой «элементарного художественного образа» (то есть художественного явления, при дальнейшем разложении уже дающего части, практически лишенные художественного эффекта) является художественное сравнение. Это прием отнюдь не самый совершенный (о чем говорит, например, и его редкость у таких блестящих писателей, как Пушкин, Мериме и др.), но зато он, если так можно выразиться, наиболее «рыхлый», т. е. наиболее легко расчлняемый и поэтому легко поддающийся анализу.

При литературном сравнении сближаются, вступают во взаимодействие два объекта — основной и вспомогательный, причем роль второго — усилить впечатление, увеличить эмоциональное воздействие со стороны основного объекта. Это в равной степени относится как к явным сравнениям («Как яблочко румян» или «Листва была зеленой, как изумруд»), так и к подразумевающимся в метафоре («Седую гривой машет море»). Для понимания достигаемого здесь эмоционального воздействия необходимо при этом учесть следующее:

а) Слово-понятие («волна», «грива», «конь» и т. д.), на первый взгляд простое по смыслу, на деле чрезвычайно сложно и многозначно по восприятию. Может быть волна световая, звуковая, волна волос (кудрявых), волна на песке, радиоволна, волна возмущения и т. д. Даже водяная волна может быть чрезвычайно различной: от ряби, через гладкую мертвую зыбь до гигантской волны с пенистым гребнем. Когда мы говорим «волна», то возбуждаем в неясной форме на «периферии сознания», т. е. в слабой степени, все эти возможные значения, связанные ассоциацией с этим словом. При этом каждое значение может вызвать еще одну или несколько возможных эмоциональных (т. е. в своей основе безусловных) реакций. Например, большая волна и пугает, и дает чувство ничем не стесняемого простора (в зависимости от ситуации), в то время как мелкая рябь ни того, ни другого дать не может. Таким образом, здесь в зачатке возбуждается целая гамма в значительной мере противоречивых, взаимотормозящих (внешнее и дифференцировочное торможение) реакций. В результате слово «волна» дает лишь очень слабый эмоциональный тон¹⁾. То же, в несколько большей или меньшей степени, относится,

¹⁾ Напротив, сохраняется общее всем этим значениям отчасти абстрактное, отчасти наглядное представление о форме и периодичности волны.

конечно, и к другим словам-понятиям («грива» льва, лошади, священника, вообще человека, та или иная по виду и т. д.).

б) При сближении этих сложнейших образований их взаимодействие сказывается частично в суммации возбуждаемых ими сходных ассоциаций (И. П. Павлов) и главным образом во взаимном торможении несходных, противоречивых ассоциаций. Так, при сравнении с гривой неизбежно тормозятся ассоциация слова «волна» с формой в виде ряби или гладкой зыби, представление о жидком состоянии воды и об опасности от волны, а для «гривы» тормозятся представление о гриве льва и вообще о всякой гриве, не похожей на волну, ассоциация с конкретным представлением о волосах и т. д. В результате выделяется очень немногое, общее обоим понятиям, но уже благодаря этой ограниченности почти совершенно лишенное всякой конкуренции в сознании, не тормозимое теперь никакими дополнительными ассоциациями, прежде связанными со словом «волна», но совместимыми со словом «грива» и поэтому, в свою очередь, заторможенными. Происходит колоссальная концентрация возбуждения, как это бывает, когда поток, медленно лившийся в широком русле, попав в узкие скалистые ворота, вынужден сразу ускорить свой бег. Концентрированное возбуждение поддерживает только один узкий образ и только одну, связанную с ним, эмоцию.

Таким образом, основное в создании элементарного художественного образа при литературном сравнении заключается в том, что простым сближением двух правильно подобранных понятий вызывается неравномерное взаимодействие (взаимное усиление и торможение) относящихся к ним условных связей, которое сразу уничтожает основную массу рассеивающих внимание ассоциаций, и из основного понятия выделяется один конкретный образ (волна как грива), приводящей к величайшей концентрации процесса возбуждения.

Дальнейшее рассмотрение разных видов сравнений показывает, что есть известный оптимум близости сравниваемых объектов. Слишком далекие («кони белые морей») и слишком близкие («ольха стройная, как березка») не производят такого сильного впечатления, как оптимальные. Это снова подтверждает развитое здесь представление о неравномерном взаимодействии. Действительно, в случае слишком близкого сравнения тормозится мало ассоциаций и сохраняется почти все их первоначальное многообразие, благодаря чему не достигается достаточная концентрация внимания и эмоционального напряжения. Напротив, при сближении слишком

далеких объектов торможения избегают только очень немногие черты объекта (подвижность, белый цвет в примере «кони белые морей»), уже неспособные создать достаточно полный конкретный и действующий на эмоции образ.

Возможны и другие (т. е. не только по степени близости) отклонения от оптимальных сближений, например выбор логически правильных, но недостаточно подкрепленных, недостаточно привычных условных связей. Сравнение «тверд, как алмаз» звучит слабее, чем «тверд, как сталь», даже слабее, чем «тверд, как камень», так как хотя мы из учебников знаем о твердости алмаза, но обычно сами не испытали, не подкрепляли или мало подкрепляли личным опытом эту связь понятия «алмаз» со свойственной ему большой твердостью. Понятно, что для разных эпох, классов, отдельных людей оптимальное сравнение может быть неодинаковым, но в каждом конкретном случае такой оптимум есть.

Подобный же процесс взаимодействия и концентрации возможен не только с конкретными образами, но и с чисто эмоциональными ассоциациями слов, не имеющими иногда ясного зрительного характера. Наиболее ярко можно это наблюдать у некоторых поэтов, принадлежащих к определенным течениям первой четверти XX века (например, у Блока и Есенина). У Есенина есть фраза: «Так испуганно в снежную выбель заметалась звенящая жуть» («Мир таинственный»). Как зрительный, да, впрочем, и как логически понимаемый образ, фраза эта не имеет смысла. Однако она обладает определенным эмоциональным воздействием. Это можно понять при рассмотрении связей, порождаемых здесь сигналами второй системы — словами. «Испуганно» — можно испугаться неожиданного, но неопасного прикосновения и — можно испугаться и панически; «заметаться» можно в спешке на перроне и — потеряв голову в панике; звенеть можно и радостно, переливно и — тревожным вибрирующим (тоже «мечущимся») звоном; «снежная выбель» может говорить и об интересной охоте, и о холоде, и бесприютности. Все это сочетается здесь так, что все радостное, интересное, даже сравнительно нейтральное, благодаря своему различию, тормозится, и остаются только общие всем этим словам чувства паники, бесприютности, сливающиеся в тревожной безвыходности, зрительно смутной, но эмоционально концентрированной. Это вполне соответствует и пессимистическому характеру всего стихотворения, говорящего с сочувствием об исчезновении старой, примитивной, но милой поэту деревни.

Возможность такого, хотя, может быть, и не вполне реалистического, пути подтверждает то положение, что ко-

нечным этапом художественного воздействия является именно создание концентрированной эмоции. Действительно, например, и в зрительных образах важна не только их зрительная яркость: сравнения «карминно-красные» или «коралловые» губы в цветовом отношении ярки, но эмоционально сравнительно мало о чем говорят. Важно, чтобы создавался образ, всеми своими сторонами вызывающий созвучные эмоциональные реакции, способные к такому же концентрирующему взаимодействию. Так, например, когда говорят о «губах-лепестках» (конечно, розовых), возникает образ, связанный с нежной формой, мягкостью, ароматичностью — свойствами, которые все опять-таки вызывают сходные и легко концентрирующиеся в одно целое эмоции нежности, ощущение спокойствия и т. д.

Таким образом, типичным для литературного сравнения можно считать двустепенный процесс, когда сравнение сначала приводит к концентрации наглядного образа, а затем связанная с ним гамма возможных эмоциональных реакций, в свою очередь, также совершенно сливается в одну еще более интенсивную эмоцию. В случаях же других литературных форм возможно взаимодействие и без создания конкретного образа, более или менее прямо ведущее к концентрации эмоции.

Представление о неравномерном взаимодействии связей различных словесных сигналов позволяет, как нам кажется, подойти к анализу и более сложных и совершеннейших форм, лишенных каких-либо сравнений, таких как, например, образы, возникающие в последних строках «Кавказского пленника» Пушкина:

«И перед ним уже в тумане
Сверкали русские штыки».

Выявляя здесь возможные ассоциации и их взаимодействие, мы видим, как у Пушкина значения одного и того же слова, участвуя в разных сочетаниях, используются почти во всех отношениях. «Уже» в данном случае означает и позднее время — утро для неспавшего человека, и одновременно достижение цели. «Сверкали» — придает оттенок света, ощущение радости, указывает и на солнце (значит туман не вечерний, а утренний), и на то, что туман низко (иначе не было бы сверкания); в то же время такое сверкание служит как бы путеводным знаком для бывшего пленника. «Штыки» здесь выступают и как защита, и, усиливая то же впечатление, как символ своего, русского. Слова Пушкина одновременно действуют и своими наглядными, и прямыми эмоциональными связями. Достигнутая цель

(выражаемая здесь через «уже», через доступное взгляду путеводное «сверкание»), безопасность («туман», не скрывающий дороги, охрана штыков), родное («русские штыки» — самое национальное оружие), свежесть утра («туман») и свет («сверкали») — все создает переживания (достижение цели, безопасность, родное, свежее, светлое), легко сливающиеся в общем неясном, но сильном чувстве облегчения, которое и соответствует возвращению пленника. Все же иное взаимно тормозится и отпадает.

Такое рассмотрение, конечно, охватывает не все стороны художественного воздействия, но все же описывает определенные существенные для его возникновения процессы. В частности, в приведенных строках Пушкина сказывается необычайное богатство многократно переплетающихся и в конечном счете все же «бьющих в одну цель» связей каждого, казалось бы, очень просто подобранного слова. Это очень важно, так как не только рядовой читатель, но иногда и профессиональный литератор может упустить часть таких связей. Так было, например, с Гротом, первым переводчиком «Саги о Фритьофе» Тегнера, что совершенно правильно подчеркнули позднейшие переводчики этой саги [1]. Там, где героиня Ингеборг выступает как королева и соответствующим образом названа в шведском тексте Тегнера, — Грот назвал ее по имени. И, напротив, там, где Тегнер называет ее по имени, подчеркивая личный момент, Грот, не заметив этого, употребляет в переводе слово «королева», ослабляя, таким образом, личный момент. У Пушкина же богатство вступающих в художественное воздействие связей так велико, что даже при потере части из них оставшиеся всегда сохраняют у читателя то основное впечатление, на создание которого направлены пушкинские строки.

Приведенные выше (на примере образов Есенина) соображения о концентрации безусловнорефлекторных, связанных с эмоциональным тоном реакций показывают, что подобный путь создания художественного впечатления — за счет неравномерного взаимодействия элементов — принципиально возможен, по-видимому, в самых различных видах искусства, как оперирующих с сигналами второй или первой сигнальных систем, так и прямо действующих на врожденные реакции. Для живописи, например, об этом отчасти говорит развитое Н. Н. Волковым [3]. представление о многозначности восприятия простых и сравнительной однозначности восприятия более сложных по линиям рисунков. Н. Н. Волков имеет, правда, в виду передачу форм предмета, но поскольку реальный образ, как правило, всегда

эмоционально действеннее, чем элементарная многозначная линия, то этим параллельно подтверждается значение того же момента в живописи и для эмоциональной концентрации.

Еще более подтверждает это, на наш взгляд, характер некоторых приемов в живописи, предназначенных специально для художественного воздействия; однако на их рассмотрении мы здесь останавливаться не будем. Во всяком случае можно с достаточным основанием выдвинуть предположение, что намеченная здесь идея «неравномерного взаимодействия» условных связей (близкая по смыслу к дифференцированному или дробящему торможению И. П. Павлова), ведущего к концентрации возбуждения, указывает на один из важных путей достижения художественного эффекта не только в случае литературного сравнения, но и в ряде других ситуаций как в литературе, так и в иных видах искусства.

Рассматривая приведенные примеры, можно увидеть, что несмотря на большое различие тех областей, к которым они относятся, мы во всех случаях имеем дело с появлением новых свойств системы, принципиально отличающих ее от свойств суммы элементов, взятых по отдельности, вне системы. В то же время и пути возникновения этих новых свойств в основном имеют единый характер. Эти пути основаны на том, что вступающие во взаимодействие элементы системы сами обладают сложной структурой, то есть обнаруживают себя в ряде «субэлементов», соотношение которых и определяет качественную характеристику каждого элемента и характер его взаимодействия с окружающей средой.

При объединении элементов в систему их субэлементы могут вступать в различные взаимодействия. Это может быть суммация, полная или неполная (пример А. А. Богданова и «препятствующие» стороны кирпичей в нашем примере), субэлементы могут не меняться (вес валунов в примере Богданова) или взаимно нейтрализоваться («проходные» стороны кирпичей в нашем первом примере, противоположное давление браншей — во втором, несовместимые ассоциации слов — в третьем) и т. д. Бесспорно, возможны и более сложные типы отношений субэлементов.

Важно то, что субэлементы различных категорий взаимодействуют по-разному, и поэтому их соотношение в системе иное, чем в самих элементах. Соотношение может не только изменяться в пределах различных реальных величин, но и приводить к принципиальным сдвигам, когда численные отношения сводятся к отношению конечной величины к нулю (пример с замкнутым пространством). При этом может оказаться, что полученная таким образом структура

субэлементов вступает в новые соединения (двух- и более степенная системы, как в примере с пинцетом или со строками «Кавказского пленника»). Здесь организация строится по тому же типу (неравномерного взаимодействия), но в качестве элементов выступают уже единицы (например, зрительные образы), полученные на первом этапе организации. Все это приводит в конечном счете к коренному отличию целостной системы от суммы составляющих ее частей.

Литература

1. *Айхенвальд Б., Смирницкий А.* От переводчиков «Саги о Фритьофе» // Тегнер Э. Сага о Фритьофе. М.—Л., 1935. Перевод со шведского.
2. *Богданов А. А.* Всеобщая организационная наука (тектология). Т. 1. 3-е изд. Л.—М., 1925. С. 85—88.
3. *Волков Н. Н.* Восприятие предмета и рисунка. М., 1950.
4. *Малиновский А. А.* Общие вопросы строения систем и их значение для биологии // Проблемы методологии системного исследования. М., 1970.
5. *Малиновский А. А.* Элементы художественной образности в свете павловского учения // Симпозиум по комплексному изучению художественного творчества. Тезисы и аннотации. Л., 1963.
6. *Маркс К.* К критике политической экономии // Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. Т. 13.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ПОЛУЖЕСТКИХ СИСТЕМ*

Выявление факторов и условий, определяющих эффективность систем, является одной из важнейших задач теории систем. Решение этой задачи позволяет глубже понять закономерности различных типов систем, найти наиболее объективные методы их оценки и методы управления ими. Проблема эффективности систем имеет особо актуальное значение для прикладных наук, целью которых является анализ и сопоставительная оценка тех или иных явлений.

Что значит эффективность системы? Понятие эффективности относительно и различно для разных систем. Более того, даже по отношению к одной и той же системе критерий эффективности может меняться в зависимости от поставленной задачи. Когда, например, идет речь об эффективности биологической системы, то в одном случае это может быть жизнеспособность, в другом — продуктивность, в третьем — размножаемость вида и т. д. Показателем эффективности территориальной единицы может быть и урожайность сельскохозяйственных культур, и устойчивость биогеоценоза, но может быть и потенциальная пригодность для определенного использования (градостроительного, рекреационного и т. д.). Таким образом, под эффективностью системы в первом грубом приближении можно понимать относительные размеры ее существующей функции (например, жизнеспособности) или функции потенциальной (например, пригодности для какого-либо использования).

Разработка обобщенных методов определения эффективности зависит от типа системы и поэтому должна проводиться дифференцированно. Наиболее просто этот вопрос решается в случае пассивных жестких систем, сложнее обстоит дело с другими типами.

Здесь следует напомнить элементарное деление систем на крайние по своей структуре типы [3]:

* Источник: [1974 а]. Статья написана в соавторстве с Е. Д. Смирновой и Л. Г. Швидченко.

1. Дискретные (корпускулярные) системы состоят из более или менее эквивалентных элементов, характеризуются раздробленностью этих элементов, их взаимной относительной заменяемостью и аддитивностью в смысле влияния на свойства системы, способностью к отбору и свободной комбинаторике. Примерами систем этого типа служат: вид животных, где каждое животное более или менее эквивалентно любому другому животному того же вида, а увеличение численности животных увеличивает в общем устойчивость вида; однотипные рефлекторные реакции; любые однотипные образования в неорганической природе, начиная с однотипных молекул газа или жидкости.

2. Жесткие пассивные системы характеризуются такой структурой, при которой каждый элемент является необходимым и незаменимым. В связи с этим их эффективность (то есть прочность, жизнеспособность, продуктивность или пригодность в каком-либо отношении) лимитируется относительно слабым элементом¹⁾.

Крайним элементарным примером пассивных жестких типов в области неорганической могут служить похожие друг на друга, но незаменимые по своему положению звенья обычной цепи; никакая повышенная прочность одного звена не может заменить роли другого ослабленного элемента. Сходным примером является почва, естественное плодородие которой зависит от наличия ряда элементов, необходимых для растений. Выпадение любого из них нарушает эффективность системы, снижая плодородие почвы.

В пределах каждого уровня организации материи встречаются системы обоих названных типов, а также промежуточные — полужесткие. Как правило, высокая организация достигается с помощью элементов, соединенных по жесткому типу. Однако слабая сторона такого типа — большая уязвимость вследствие того, что, как было сказано выше, любой из элементов системы, ослабляясь, может лимитировать ее эффективность. Поэтому в природе чаще встречаются не чисто жесткие, а различные формы полужестких систем.

Типы, промежуточные между жесткими и дискретными, могут строиться на основе различных принципов. Одни, так сказать, «гибридные» системы просто соединяют оба типа путем чередования их на разных уровнях организации [2].

¹⁾ Здесь подчеркивается слово «относительно», означающее отношение к требованиям системы. Так, например, нормально прочность поясничных позвонков у человека должна быть выше, чем шейных. Поэтому если бы прочность тех и других оказалась абсолютно одинаковой, это означало бы, что поясничные относительно ниже по прочности.

Другие — «звездные» — характеризуются тем, что несколько элементов связано с одним, объединяющим их. В индивидуальном развитии биологического организма такие системы выступают как почти жесткие, а в эволюционном — как почти дискретные (кроме центрального элемента [3]). Принципиально возможны также случаи, когда все элементы связаны примерно в равной степени, но не вполне независимы. Примеры этого можно видеть в сетевых связях, от простых сетей до сложно переплетающихся поведенческих реакций.

Несомненно, существует и масса других типов полужестких систем. Оценка их эффективности или жизнеспособности, по-видимому, должна дифференцироваться в зависимости от особенностей каждого типа.

Следует заметить, что возможно рассмотрение любой системы с двух точек зрения: с точки зрения ее внутренних связей, то есть связей между ее элементами, и с точки зрения ее внешних отношений, отношений к другим системам или к внешней среде в целом [6], то есть к «сверхсистеме». Второй аспект рассмотрения системы часто приводит к оценке ее как жесткой, так как различные характеристики, обычно являясь необходимыми для ее существования, находятся именно в таком взаимном отношении, что снижение любой характеристики снижает устойчивость всей системы в целом.

Эти положения, разработкой которых занимается теория систем, имеют существенное значение для многих прикладных исследований, в частности в географии. В географических исследованиях прикладного назначения нужны синтетические обобщения многих факторов. Поэтому объектами исследований служат именно природные территориальные комплексы (ПТК), ранг которых определяется масштабом составляемых карт и целями оценки.

В своей интересной, но весьма дискуссионной статье, разбор положений которой может быть предметом специальной работы, А. Ю. Ретеюм [5] исходит из весьма разнообразных определений ландшафтных единиц, ссылаясь, например, на выделение в качестве таких единиц Русской равнины или Урала. Он считает ландшафты лишь классификационными объединениями. Мы здесь рассматриваем природные территориальные комплексы как единицы, имеющие отнюдь не только классификационное значение, но сохраняющие как в генезисе и взаимодействии их компонентов и морфологических частей, так и во внешних отношениях определенные черты целостной системы.

Ландшафт, как и любой другой природный территориальный комплекс, является незамкнутой системой, имеющей внутреннюю и внешнюю структуры.

Внутренняя структура определяется внутренней организацией ландшафта, природными взаимосвязями его компонентов и морфологическими особенностями. Она находит свое выражение в свойствах ландшафта: целостности, устойчивости, способности к регуляции. Свойства каждого компонента, которые формируются благодаря его взаимосвязи с остальными компонентами, зависят от свойств ландшафта как целого.

Внешняя структура ландшафта как системы выражается в характере отношений ландшафта с теми или иными системами (или подсистемами), соприкасающимися с ним, и зависит от них. С ней связаны те функции ландшафта, которые предопределяют возможности его использования для каких-либо целей.

Таким образом, наиболее важная для целей оценки внешняя структура ландшафта представляет собой совокупность потенциалов его использования, жестко связанных между собой потребностями общества. При этом, рассматривая эффективность ландшафта как определенного единства, мы включаем в его внешнюю структуру только те его стороны и свойства, которые отвечают внешним требованиям, связанным с задачами оценки, ибо не все свойства ландшафта, а лишь некоторые его стороны играют решающую роль в связях с каждой конкретной внешней системой, соответствующей какому-либо виду его использования (сельскохозяйственного, градостроительного и др.), раскрывая те или иные внутренние потенции ландшафта. В этом проявляется тесная взаимосвязь внутренней и внешней структур ландшафта, определяющая роль в которой принадлежит внутренней структуре.

Основной вопрос, который требует в настоящее время неотложного решения, — это преодоление методических трудностей, возникающих при составлении многофакторных интегральных оценок для выбора оптимальных вариантов планировки и прогнозирования возможных изменений географической среды.

В географии проблема оценки в настоящее время занимает одно из центральных мест. Оценка современного или прогноз возможного изменения состояния природных ресурсов дает возможность рекомендовать наиболее рациональное использование территории. При оценке территории даже для какого-нибудь одного вида использования большей частью применяется самая простая оценка — в баллах. Баллы иногда расшифровываются словами «благоприятные и неблагоприятные» или «хорошие, средние и плохие», но это не меняет фактического выделения того или иного количества оценочных групп. От планируемого назначения территории зависят

критерии, которые кладутся в основу оценки. Однако чрезвычайно редко оценка может быть произведена по одному фактору, и обычно приходится сопоставлять разнородные признаки: природные, экономические, социальные и многие другие. Например, при оценке территории для строительства учитываются свойства грунтов, уклоны поверхности, глубина водоносных горизонтов, а также залесенность, расположение строительной площадки, наличие залежей полезных ископаемых и пр. Сведение в единую оценку всей показателей, важных даже для одного из возможных видов использования ландшафта, представляет большую трудность. Простое сложение баллов часто приводит к абсурдным выводам. Введение дополнительных коэффициентов весомости разных факторов, применяемое рядом авторов, может привести к грубым ошибкам даже при тщательно разработанных шкалах оценки, так как удельный вес отдельных показателей в интегральной оценке плохо поддается объективному количественному определению. Еще сильнее проявляются трудности сопоставления многих факторов при сопряженной оценке разных видов использования территории. Здесь приходится совмещать уже не только показатели разных факторов, влияющих на оценку, но и сами оценки, различные по содержанию и имеющие разную значимость в народнохозяйственном планировании. Экспериментальные разработки коэффициентов значимости факторов по обследованным ключевым участкам малоэффективны, поскольку коэффициент зависит не только от целей оценки, но и от зональных и азональных условий; он не может быть единым на более или менее значительной и разнородной территории.

При рассмотрении вопросов об использовании ландшафтов в рекреационных целях (например, для отдыха и туризма) анализировались отношения природного территориального комплекса к требованиям рекреации [4]. Понятно, что и характеристики одного и того же ПТК, и система его внешних отношений меняются в зависимости от рекреационных задач. При этом оказалось, что многие реальные системы ПТК в своих внешних отношениях к требованиям рекреации могут часто рассматриваться как жесткие. Это имеет существенное значение, ибо при оценке такой системы достаточно знать наиболее слабое ее звено, чтобы характеризовать систему в целом. Кроме жестких, были выделены «уравновешенные», или «компенсационные» системы, где недостаточность одних факторов в значительной степени может компенсироваться избытком других факторов. В первом случае (в жестких системах) какие-то слабые звенья могут лимитировать ценность природного территориального комплекса

для рекреационного использования. Слабым звеном могут быть, например, транспортная недоступность, чрезвычайно холодный климат, наличие эпидемического очага инфекции и т. д. Во втором случае (в «компенсационных» системах) недостаток одного фактора может в какой-то мере уравновешиваться избытком другого (например, для прогулок плохое качество леса может компенсироваться наличием холмистого рельефа с многоплановыми живописными панорамами).

В проведенных исследованиях была выявлена методологическая значимость еще одного понятия из области теории систем, а именно понятия так называемого активного звена [1]. При наличии активного звена оценка системы, если она не лимитировалась по первому типу, почти целиком определялась одним положительным звеном, при этом все остальные звенья отступали на задний план. Таким активным звеном могут быть, например, побережья теплых морей, независимо от того, имеется ли в ближайшем окружении лес или степь, холмистая это область или равнинная. Поскольку наличие теплого водоема является здесь самым важным фактором для отдыха, то все остальные играют уже по сравнению с ним третьестепенную роль. Следует при этом заметить, что если попытки применить математические методы к многофакторному анализу без обоснованных значений весомости факторов не дают удовлетворительных результатов, то при наличии их логического обоснования они могут приобрести большое значение. Таким логическим обоснованием в первую очередь является системный анализ, помогающий произвести:

а) отбор ограниченного количества наиболее существенных условий и факторов, влияющих на оценку; б) построение их простейшей классификации по активности, по лимитирующим, компенсационным или паритетным свойствам; в) установление логической последовательности и значимости оценочных признаков и разработку их критических (лимитирующих) параметров; г) синтез разнородного многофакторного материала и определение этапов синтетической оценки с логически последовательным блокированием территории для того или иного вида использования; д) определение места каждого региона в общей оценочной шкале.

Аналогичные ситуации часто встречаются в области биологических явлений. В роли лимитирующего звена может, например, выступить любая незаменимая особенность животного организма: недостаточная быстрота бега у жертвы по сравнению с хищником (а также и у хищника по сравнению с жертвой), неустойчивость к инфекциям, нарушение координации движений и т. д. Ко второму типу, где

возможна компенсация, относится, например, способность организма переходить из неблагоприятных условий существования в условия более благоприятные. Это имеет место при сезонных перелетах птиц или передвижении стад в горных областях летом на высокие пастбища, зимой в долины и предгорья. Самый факт возможности такой компенсации зависит в последних примерах от существования определенной управляющей подсистемы. Для всеядных животных возможна смена питания. Небольшая сердечная недостаточность может компенсироваться усилением работы легких и т. д.

Активные звенья в животном мире связаны в основном с наличием какого-то преимущества, способного разрушить противостоящие системы. Например, для хищника таким преимуществом является его вооруженность в борьбе с жертвой, для жертвы — ее защитное приспособление, подобное панцирю черепахи или скорости передвижения у зайца; последний, несмотря на другие слабые стороны, может разрушить систему нападения хищника, имея возможность достаточно опередить его и уйти от угрозы непосредственного соприкосновения с ним.

Рассматривая как биологические, так и географические системы, следует отметить, что среди них широко представлен определенный тип систем, которые в зависимости от разных ситуаций выступают то как пассивные жесткие, то как промежуточные (в которых возможна почти полная взаимная компенсация отдельных элементов), то, наконец, как жесткие с активным звеном. В структуре рассматриваемого типа систем участвует целый ряд разнородных элементов, как незаменимых, так и взаимозаменяемых (что послужило основанием условно назвать такие системы гетерогенными). В этом отношении типичным примером такого типа систем может служить пищевая система организма. Целый ряд элементов здесь вполне может в той или иной степени заменяться другими. Жиры и углеводы, как энергетические источники, могут заменять друг друга и заменяться белками. Рассматривая составляющие белков — аминокислоты, мы видим, что недостаток некоторых из них может компенсироваться избытком других.

Однако, наряду с этим в составе пищи обязательно должны присутствовать и многие совершенно незаменимые элементы. Это — несколько незаменимых аминокислот (например, метионин и гистидин), некоторые минеральные вещества (кальций, калий и др.), микроэлементы, наконец, витамины. Недостаток любого из этих составляющих нарушает жизнедеятельность организма и выступает как лимитирующее звено в отношении его жизнеспособности. При

этом существенно, что если объем такого «слабого звена» ниже определенного уровня, это может привести даже к гибели организма. Переходя к более высокому уровню (но оставаясь слабейшим), оно будет в основном определять жизнеспособность организма (независимо от других, достаточно представленных звеньев). Наконец, подъем такого элемента выше определенного уровня в принципе совершенно меняет его роль. Дальнейшее повышение его объема может быть безразличным для организма, или (как для незаменимых аминокислот) этот элемент может выступать уже как равноценный другим органический источник строительного материала организма и энергии. Таким образом, при повышении показателя элемента может происходить его переход из зоны незаменимости в зону, где он становится одним из простых слагаемых, аналогичных другим (вообще заменимым элементам), с которыми у него в новой роли возможна взаимная компенсация. Наконец, дальнейшее (обычно весьма большое) повышение этого уровня может привести к тому, что появляются какие-либо отрицательные (токсические) или положительные (например, специфические фармакологические) действия данного элемента пищевой системы на организм (гипервитаминозы, избыток фтора, использование глутаминовой кислоты, гистидина и пр. в фармакологии и т. д.).

Аналогичную картину (и в некоторых отношениях — более полную, в связи с возможностью перехода ряда элементов к роли «активного звена»²⁾) мы можем наблюдать при рассмотрении природных территориальных комплексов с точки зрения их рекреационного или другого использования. Проиллюстрируем это на ряде примеров.

Оценка территории СССР для размещения учреждений стационарного отдыха включает учет целого ряда элементов, определяющих экономическую целесообразность строительства и эксплуатации домов отдыха в течение всего года. При этом подсчет количества дней с температурой, физиологически приемлемой для отдыха, показал, что можно сразу, без анализа остальных звеньев системы отдыха (вод, растительности, рельефа и др.) исключить из планов строительства домов отдыха как непригодные территории крайнего севера СССР с коротким, прохладным и дождливым летом и продолжительной, суровой зимой, а также высокогорные

²⁾ В приведенном нами биологическом примере мы не можем с уверенностью указать случаи перехода незаменимых или заменимых элементов к роли «активного звена». Примеры активного звена в биологии мы приводили из другой области — отношений между особенностями хищников и жертв, то есть из области экологии.

области с ледниками и вечным снежным покровом. При переходе к условиям природных территориальных комплексов средней полосы европейской части Союза и ряда предгорий и среднегорий с длинным теплым летом и умеренно холодной зимой, отличающихся продолжительностью благоприятных для организма человека температурных условий до 7–10 месяцев в году, климатический фактор выступает уже как положительный элемент в системе предпосылок для стационарного отдыха. При дальнейшем повышении температуры воздуха климат постепенно вновь теряет значение положительного фактора и в пустынях Средней Азии опять выступает как элемент, лимитирующий отдых.

Другой элемент рекреационной системы — водоемы. Полное их отсутствие лимитирует возможность отдыха в пустынных областях. Небольшие водоемы — элемент положительный, но заменимый другими элементами на территориях лесной и лесостепной зон. В случае же обширных водоемов этот элемент, как уже говорилось, выступает в качестве решающего положительного активно действующего фактора, особенно на побережьях теплых морей.

Подобные изменения типа системы в связи с количественными изменениями одного из ее элементов можно проследить и при переходе от одного уровня организации к другому — при изменении одного ПТК во времени и при сравнении ПТК, разобщенных в пространстве. Графически влияние величины различных элементов на эффективность описанных систем разного типа показано на рис. 1 и 2.

На рис. 2 ниже уровня II незаменимы элементы *A, B, C, D*. Если хотя бы один из этих элементов имеет показатель ниже уровня I, это ведет к полной неэффективности (дезорганизации, гибели) всей системы. Между уровнями I и II полностью определяет эффективность системы тот элемент, который по сравнению с другими находится в минимуме. Между уровнями II и III, при дальнейшем повышении показателей этих элементов, они могут или совсем потерять влияние на состояние системы (*D*) или же могут выступить неспецифически, как *E, F, G*, имея возможность своим избытком компенсировать недостаток незаменимых элементов. Выше уровня III поднимаются лишь отдельные активные элементы (*C, G*). Они определяют общую эффективность за счет своих высоких показателей. И, наконец, чисто активный элемент *H*, при любых количественных его показателях не выступающий ни как лимитирующий, ни как компенсируемый другими факторами, полностью определяет своими показателями эффективность системы (например, лечебные грязи в системе санаторного лечения соответствующей



Рис. 1. Эффективность различных типов систем в зависимости от состояния их элементов

болсзни), если она не нарушена отсутствием незаменимого элемента.

Можно заметить, что для любого вида отдыха общими при оценке будут следующие положения.

Условия и факторы всех видов отдыха образуют различные системы: 1) чисто жесткие системы с лимитирующим звеном; 2) чисто жесткие с лимитирующим и активным звеном; 3) гетерогенные системы без активного звена и с активным звеном; 4) компенсационные системы. Эффективность всех этих типов определяется параметрами тех условий и факторов, которые диктуются требованиями различных видов отдыха. В жестких системах со слабым лимитирующим звеном (см. рис. 1) оценка зависит от того, насколько близко показатели лимитирующих условий подходят к критическим состояниям (уровень I), ниже которых система становится непригодной для организации отдыха. В конкретных случаях мы видим, что даже при наличии выраженных активных звеньев нарушение санитарно-гигиенических требований (незаменимый элемент) лимитирует возможность рекреационного использования ПТК. Такими же свойствами обладают и некоторые другие звенья, лимитирующие массовый отдых и туризм — охрана природы, рациональность более рентабельных видов использования территориальных комплексов и др.

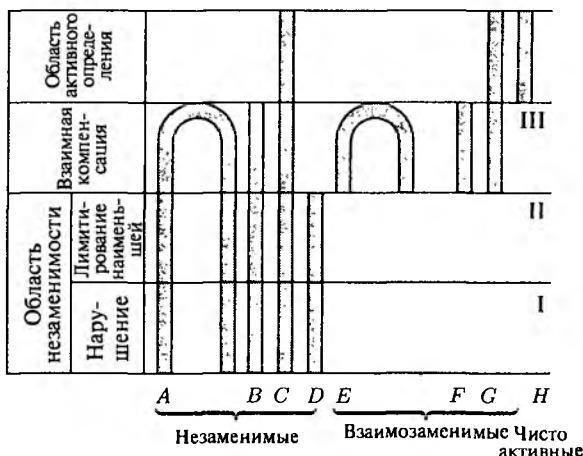


Рис. 2. Изменение роли элементов в эффективности систем

Если показатели лимитирующих условий — выше критического уровня I, то эффективность системы определяет то условие, которое находится ближе всего к критическому уровню; оно, следовательно, играет ведущую роль при оценке системы. При отсутствии лимитирования и наличии активного звена последнее полностью определяет эффективность системы. Например, лечебные грязи решают организацию определенного санаторного лечения, но при условии, что остальные элементы расположены выше уровня I. Следует отметить, что в зависимости от постановки задачи один и тот же элемент может играть совершенно различную роль. Примером может служить наличие пляжей. Если речь идет о водном туризме, для которого основное значение имеют размеры водоемов, их незамкнутость и эстетические качества берегов, то наличие или отсутствие пляжей лишь очень мало влияет на оценку такой системы. Напротив, характер пляжей — это один из наиболее активных элементов для организации близ пионерских лагерей купания детей, для которого мало существенна замкнутость водоема, лимитирующая водный туризм.

В гетерогенных системах либо имеется жестко лимитирующее звено, либо, если лимитирующие условия находятся достаточно далеко от критического уровня I, то есть выше уровня II, то эффективность системы определяется активным звеном, а при его отсутствии — комплексом взаимозаменяемых по качеству элементов (леса, рельеф, дренаж и пр.), причем в связи с их взаимной заменимостью ценность ПТК

для использования может быть тем выше, чем выше все эти показатели. Часто, благодаря полной взаимной заменимости элементов, низкое качество одних факторов компенсируется высокими значениями других (компенсационные системы).

Подводя итоги сказанному, можно отметить следующее:

1. Применение теории систем аналогично применению математики не только благодаря абстрактному обобщенному характеру системных закономерностей, но и в том отношении, что в зависимости от поставленной задачи возможно рассмотрение одних и тех же объектов как систем разного типа (так же как при применении математических методов могут выбираться именно те количественные показатели, которые важны для решения данной проблемы).

2. Одной из важнейших задач теории систем является оценка эффективности различного типа систем, где под критерием эффективности может разумеаться как существующая, так и потенциальная функция системы. При этом эффективность системы всегда должна рассматриваться в определенном аспекте, в зависимости от поставленной задачи.

3. Предложенное ранее выделение крайних типов систем — жестких и дискретных — позволило сформулировать основные особенности эффективности таких систем. При рассмотрении эффективности вполне жестких систем необходимо учитывать, что она всегда зависит от относительно наиболее слабого звена, поскольку все звенья в таких системах взаимно незаменимы. Это очень упрощает оценку таких систем. Эффективность дискретных систем в простейших случаях зависит от качества и суммарного эффекта всех их элементов.

4. Большинство реальных систем относится к промежуточному типу, совмещающему подсистемы, элементы или особенности систем жесткого и дискретного типа. В частности, к ним относятся системы: 1) «гибридные» (с чередованием на разных уровнях жестких и дискретных); 2) «звездные» (в которых элементы связаны между собой через один центральный элемент); 3) «сетевые» (с частично незаменимыми элементами); 4) «гетерогенные» (совмещающие наличие незаменимых и взаимозаменяемых элементов), эффективность которых при известных условиях определяется одновременно всеми элементами. При увеличении или уменьшении показателей отдельных элементов такой системы они (элементы) могут стать активными или лимитирующими, а система из полужесткой перейти в тип жесткой пассивной или активной системы.

5. «Гетерогенные» системы являются одним из наиболее распространенных типов. Они широко представлены среди биологических, географических и других сложных объектов. Однако из-за их сложности определение их эффективности представляет известные трудности. В них, как и в жестких системах, имеются незаменимые элементы двух типов: 1) те, которые при их недостаточности лимитируют эффективность системы; 2) те, в которых (если система уже устойчива) даже один «активный» элемент может практически целиком определять эффективность системы, независимо от большей или меньшей суммы положительных заменимых элементов. Наряду с ними в гетерогенной системе имеются положительные взаимозаменяемые элементы, как в системе нежесткого типа.

6. Рассмотрение эффективности «гетерогенных» систем в зависимости от состояния незаменимых и заменимых элементов позволило наметить определенную последовательность ролей тех или иных элементов по мере их относительного количественного роста в системе.

Рост эффективности всей системы происходит сначала за счет роста того незаменимого элемента, который ограничивает ее, затем — за счет увеличения суммарного эффекта заменимых элементов (включая «избыточные» незаменимые), и, наконец, если имеется «активный» элемент в системе, — за счет возрастания его значения.

7. «Гетерогенные» полужесткие системы потенциально могут выступать как жесткие. По мере постепенного повышения уровня самого слабого звена такой системы она сначала выступает как вполне жесткая (пока хотя бы один незаменимый элемент лимитирует ее эффективность), затем — как система с взаимной компенсацией элементов (то есть близкая к дискретной) и, наконец, если один из элементов достигает уровня активно определяющего, — как система жестко-активного типа.

8. Систематизация и конкретное дифференцированное изучение различного типа систем является ближайшей задачей теории систем, решение которой открывает возможности более широкого применения этой новой дисциплины.

Литература

1. *Малиновский А. А.* Значение качественного изучения управляющих систем для теоретических вопросов биологии // Применение математических методов в биологии. Сб. III. Л., 1964.

2. *Малиновский А. А.* Общие вопросы строения систем и их значение для биологии // Проблемы методологии системного исследования. М., 1970.
3. *Малиновский А. А.* Типы управляющих биологических систем и их приспособительное значение // Проблемы кибернетики. М., 1960. Вып. 4.
4. *Нефедова В. Б., Смирнова Е. Д., Упит И. А., Швидченко Л. Г.* Методы рекреационного районирования // Вопросы географии. М., 1973. Вып. 88.
5. *Ретеюм А. Ю.* Физико-географические исследования и системный подход // Системные исследования. Ежегодник 1972. М., 1972.
6. *Щедровицкий Г. П.* О принципах классификации наиболее абстрактных направлений методологии структурно-системных исследований // Проблемы исследования систем и структур. Материалы к конференции. М., 1965.

Раздел второй

**СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД
В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ**



Одесса, 1953

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ КОРРЕЛЯЦИИ В СТРОЕНИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА*

I. Организм как целое в медицине

Организм разных людей не одинаково легко заболевает и по-разному переносит заболевание одной и той же болезнью. Нетрудно было понять практическое значение этих различий, и уже Гиппократом был описан тип сложения с узкой грудью и торчащими лопатками, при котором заболевание чахоткой протекает особенно тяжело. Так еще в древности создалось учение, которое рассматривает организм в целом, связывая его анатомическую характеристику с отношением к болезням и с теми физиологическими чертами, которые выражаются в темпераменте. С тех пор даже в литературный язык прочно вошли такие выражения, как, например, чахоточное или апоплексическое сложение. Отступив несколько на второй план в период развития целлюлярной патологии, учение это достигло в настоящее время широкого развития под названием «учения о конституции», и в одном из самых интересных своих отделов было поставлено на научную почву акад. И. П. Павловым в его теории типов высшей нервной деятельности¹⁾ [43, 44, 45, 46, 47].

Являясь той почвой, на которую падает заболевание, конституция организма играет большую роль в возникновении и формах заболевания и в значительной степени определяет течение и исход болезни, а следовательно ту терапию, которую в каждом данном случае лучше применить.

Наконец, «при конституциональном подходе к больному возможны предсказания по отношению к заболеваниям,

* Источник: [1945 а].

¹⁾ История идей о конституции организма изложена в ряде работ (см., например, [30, 32, 96]).

угрожающим в будущем»... «для профилактики заболеваний учение о конституции открывает широчайшие перспективы при условии определения конституционального типа в детстве и воздействии на растущий организм» [62].

Неудивительно, что на ряде съездов хирургов, терапевтов и акушеров-гинекологов проблема конституции ставилась как один из основных вопросов [55, 56, 57].

Однако, за исключением раздела, связанного с высшей нервной деятельностью, эта область до сих пор не стала достоянием настоящего научного понимания. Отсутствие последовательной теории позволило представителям реакционного крыла науки выдвигать свои дикие фантазии в один ряд с действительно ценными исследованиями.

Появились формулировки, что конституция есть «соматический фатум организма» (Тандлер), стали различать конституции прогрессивные и регрессивные [40], беспочвенно отождествлять конституции с расами [97], откуда уже был один шаг до откровенно фашистских высказываний.

Ценные исследования и, в частности, наши советские работы были достаточно многочисленны. Было показано наличие основных конституций во всех расах [1, 12], зависимость конституции от условий [9, 58], выяснились глубокие физиологические особенности конституции [65, 66, 67]. Но эти работы не могли внести объединяющего момента, так как не ставили вопроса о самих принципах понимания и исследования корреляции в целом организме. Между тем именно этот вопрос здесь является основным.

Два обстоятельства затрудняли исследование конституции: 1) необходимость широкого охвата явлений и 2) увлечение методом классификации при изучении конституций.

Действительно комплексность охвата здесь нужна чрезвычайная — от морфологии скелета до процессов, протекающих в высших отделах нервной системы, ибо учение о конституции изучает именно организм в целом. Такой охват не столь легок.

Метод классификации, естественно, возник из эмпирических наблюдений врачей. Однако, будучи в свое время полезным, метод классификации теперь становится уже недостаточным. «Для той стадии развития естествознания, где все различия сливаются в промежуточных ступенях, где противоположности переходят друг в друга через посредство промежуточных членов, уже недостаточно старого метафизического метода мышления. Диалектика не знает *hard and fast lines*, не знает безусловно пригодного повсюду или — или», — говорит Энгельс («Диалектика природы»). Между тем, метод классификации неизбежно создает эти *hard*

and fast lines между типичными конституциями. Именно поэтому большинство предложенных гипотез здесь строится не путем последовательного анализа связи, а путем попыток предложить удачный метод классификации.

Отношение этого метода к правильному теоретическому исследованию сходно с тем отношением, какое имеет подгонка ответа к последовательному решению математической задачи. Если ответ сложной задачи заранее неизвестен, то шансы на удачный подбор ответа очень малы. В действительности большинство больных не представляет чистого типа, а лишь приближается к нему, оставаясь в ряде отношений промежуточным или даже сохраняя часть признаков другого типа. Такие смешанные формы дали некоторым авторам основание говорить, что «конституция организма есть сумма частичных конституций отдельных органов» [90]. Тем самым организм превращался в мозаику отдельных свойств и терял черты своей целостности. Вместе с метафизическими границами между типами исчезали и те закономерные связи, которые все-таки были в них заложены. Представление о свободном комбинировании свойств является таким же метафизическим, как разграничение конституций на два—четыре типа. В действительности же индивидуальные различия организмов представляют единство связи и независимости различных свойств, которое уже описывается, как корреляция в математическом смысле слова. Поясним это простейшим примером. Чем выше человек, тем больше он обычно весит. Также и обратно — человек большего веса не может иметь карликового роста. Для каждого данного роста имеется определенный *средний* вес, иной чем для другого роста. Но все же, зная рост, нельзя указать точный вес отдельного человека, так как вес зависит еще и от пропорций, упитанности и т. д. Между ростом и весом имеется в какой-то степени и связь и независимость.

Значение математической корреляции было оценено многими исследователями, которые и показали численно взаимную связь различных свойств здорового и больного организма. Однако очевидно, что формально-статистические корреляции не решают здесь основных вопросов. Чтобы вполне овладеть явлениями недостаточно знать, что они присутствуют вместе. Формально статистические корреляции являются не самоцелью, а лишь методом, способным улавливать фактические отношения признаков для причинного биологического анализа.

При применении биологических методов исследования, отыскивающих причины явлений, *закономерности*, вскрываемые математической корреляцией, могут дать весьма важные

выводы. Так, например, устойчивую корреляцию нельзя объяснять сцеплением генов, хотя такое представление казалось естественным некоторым авторам [30]. Специальные расчеты, приведенные мною в другом месте, показывают ошибочность этого представления [36]. Так же маловероятно, чтобы в основе устойчивой корреляции лежала связь признаков, обусловленных одновременно несколькими причинами. С другой стороны, некоторые явления, которые при поверхностном взгляде кажутся невозможными, оказываются довольно распространенными. Так, два признака, связанные положительной корреляцией с третьим, тем не менее могут оказаться в отрицательной корреляции между собой. Недоучет подобных обстоятельств часто приводит исследователя к ложным выводам. Еще больше может дать сопоставление размеров и направлений различных корреляций [101]. Однако и тут необходимо сопровождать исследование причинным биологическим анализом. Так, парциальные корреляции могут иметь совсем различные значения при разных типах биологической связи. Лишь *причинное биологическое исследование* с помощью анализа закономерностей, управляющих статистическими корреляциями, может дать метод для последовательного научного изучения проблемы конституции. Однако таких последовательных попыток не делалось. Настоящая работа ставит задачей *сделать первые шаги к выработке такого метода* и к применению его для анализа известных корреляций.

II. Методическое значение корреляций в учении о конституции

Как сказано, в основе корреляции нескольких явлений лежит их одновременная зависимость от какой-то одной общей причины. В то же время другие факторы могут влиять изолированно на каждое явление и создавать этим известную независимость изменения одного явления от другого. Наглядно это соотношение представлено на рис. 1. Признаки x , y , z изменяются в строгой зависимости от их общей причины p . Это обуславливает их связь. В то же время факторы q , r , s действуют на них по-отдельности и заставляют отдельный признак то отставать в его изменениях от другого, то несколько перегонять его. Связь становится «относительной, в отдельных случаях как-будто теряясь совсем». Так, например, длина тела, окружность грудной клетки и вес связаны между собою, — чем больше одно, тем больше и другое, и третье. Но резкая эмфизема

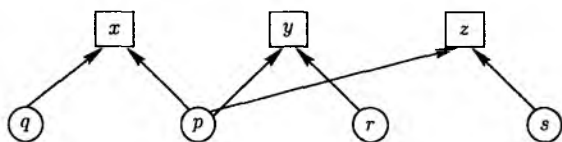


Рис. 1.

и исхудание могут дать непропорционально большую окружность грудной клетки и малый вес при среднем росте. Этот случай не является крайним (сильное или слабое развития комплекса коррелированных признаков), но его ни в коем случае не надо рассматривать и в качестве промежуточного. Промежуточное развитие сохраняет правильное взаимоотношение признаков: вес, рост и грудная клетка соответствуют друг другу и все они приближаются по размерам к средним величинам. Наоборот, здесь отдельные признаки находятся на крайних положениях, но так, что соответствие между ними теряется и комплекс нарушается. Такие случаи обозначаются как смешанные в противоположность правильным соотношениям в промежуточных случаях.

Когда мы говорим о типичных конституциях, мы всегда фактически подразумеваем более или менее крайние случаи правильно коррелированного типа. В них мы открываем те связи, которые существуют между различными свойствами организма. Этому нисколько не противоречит наличие многочисленных промежуточных случаев, поскольку в них выражается та же закономерная связь; учет их лишь дополняет картину, полученную на основании выделения типичных конституций, и уничтожает те метафизические границы между типичными конституциями, которые создаются методом классификации. В то же время учет средних случаев вовсе не уничтожает тех закономерностей, которые вскрывает этот метод. Лептосом имеет низкий процент гемоглобина и тяжело переносит туберкулез [62, 63, 29], а эйрисом обладает высоким процентом гемоглобина и склонностью к артериосклерозу. Совершенно естественно при этом, что средний между ними и как раз наиболее многочисленный тип людей имеет средний процент гемоглобина в крови и обладает менее выраженной склонностью к заболеваниям крайних типов. *Показателем правильного выделения типичных конституций является не отсутствие промежуточных случаев (они всегда многочисленны), а редкость смешанных случаев, которые представляют нарушение закономерной связи, выражающейся в типичных конституциях.*

Таким образом, общая картина взаимоотношения типичных конституций представляется следующей. Имеется

закономерная, параллельная, с большими или меньшими отклонениями изменчивость ряда признаков, например: усиленному развитию одного обычно (но не всегда) сопутствует несколько повышенное развитие нескольких других. Крайние случаи такого совместного развития свойств (усиленного или ослабленного), мы несколько искусственно выделяем как типичные конституции. В то же время между ними располагаются, согласно обычному распределению в вариационном ряду, более многочисленные промежуточные случаи, сохраняющие, однако, ту же закономерную связь признаков, и известный небольшой процент смешанных случаев, в которых типичное взаимоотношение признаков нарушено (лептосомы с наклоном к артериосклерозу, эйрисомы с низким содержанием гемоглобина и т. д.). Наличие смешанных случаев показывает, что связи признаков, открываемые в типичных конституциях, являются не единственно возможными, а лишь статистически наиболее вероятными. Весь ряд между «типичными конституциями» построен по типу других количественных рядов и не отличается от обычных в биологии рядов количественных признаков.

Чтобы выяснить сущность закономерных связей в типичных конституциях и овладеть ими практически, нужно, очевидно, вскрыть те причины, которые обуславливают закономерную связь в их свойствах. Что же является такой причиной? Корреляция признаков в организме обычно обязана многоступенчатой связи со многими промежуточными причинами, в свою очередь, зависящими от основной причины корреляции, которая, как узел, связывает собою изменения различных систем, иначе говоря, если группа признаков связана через p , то p и несколько других аналогичных причин (p_1, p_2 и т. д.), в свою очередь, могут быть совершенно подобным же образом связаны между собой какой-нибудь более общей причиной — P . Поэтому правильный анализ причин корреляции должен идти «послойно»: сначала выясняя причины связи признаков, относящихся к одной системе, и там вскрывая свой местный «узел» корреляции p , затем, лишь выяснив таким образом «узлы-причины» первого порядка в разных системах (костной, нервной и т. д.), можно перейти к тому, что их связывает в свою очередь — к тому общему узлу, который определяет корреляцию признаков во всем организме в целом. Этот путь последовательного причинного анализа от признаков ко все более глубоким причинам, может быть кропотливый и сложный, все же один лишь способен дать те результаты, которых не могут дать ни чистое формально-статистическое изучение связи признаков,

ни попытки прямо угадать причину, лежащую в основе той или иной типичной конституции. И хотя трудно, особенно в такой статье, вместить весь круг вопросов, составляющих проблему, но ни одна попытка подойти к вопросу с позиций какой-либо частной области не давала до сих пор успеха. Только в одновременном рассмотрении всех сторон можно наметить пути разрешения проблемы, которая вся и состоит именно в связи различных проявлений организма.

III. Изменчивость костной системы

Конституционные различия полнее всего изучены в костной системе, благодаря возможности точного исследования размеров и форм. В частности, лептосомное (астеническое) сложение, помимо меньшей толщины скелета, характеризуется большим количеством особенностей формы: грудь, узкая и плоская, отстает в развитии от таза [29], таз несколько уплощен [26], лицо обычно сужено вниз, средняя часть его выдается вперед, голова спереди назад укорочена [29]. Несмотря на сложность, все эти особенности формы легко объяснить действием одной общей причины, которая очевидно и обуславливает, что они чаще всего присутствуют или отсутствуют одновременно. Еще в прошлом столетии Энгель высказал мысль, что «при развитии костной части лица не играет роли какая-либо таинственная сила... и здесь должны господствовать, как и повсюду, законы природы, не допускающие исключений» [51]. Основную роль он отводил вариации в степени минерализации, которая обуславливает разную пластичность кости. Кости разного состава неодинаково поддаются влиянию мышечного аппарата (в первую очередь, жевательного). Речь идет, конечно, не о деформации, но об изменении условий роста кости под влиянием постоянно создающихся сдвиганий и натяжений в костной ткани. Энгель и затем Ранке [51] указали на ряд примеров большой пластичности патологической и нормальной кости (рахит, остеомалация, деформированные черепа инков, ноги китайнок и т. д.). Надо добавить, что сама пластичность несомненно имеет приспособительное значение. Об этом говорят случаи, когда благодаря пластичности кость приспособляется к изменениям окружающих органов (деформации грудины при загрудинном зобе [80, 100], изменения формы лопатки у горбатых и т. д.). Энгель различал две основные формы черепа, обусловленные различиями в минерализации кости. Первая (более пластичная) точно совпадает с формой, которая характеризует лептосомный тип.

Еще больше значение пластичности здесь подтверждается тем, что все те же особенности (сужение нёба, выступающие средней части лица, укорочение черепа спереди назад), в большей конечно степени, наблюдаются при рахите (если оставить в стороне другие его, специально патологические проявления — набухание мозга, компенсаторное разрастание кости и т. д.). Как бы ни объяснять происхождение рахита, но во всяком случае он связан с изменениями в концентрации кальция в организме [41]. Исследования содержания кальция в крови лептосомов показывают, что оно в среднем понижено [58, 63]. В работе [26] показано, что таз женщин астенической конструкции уплощен, — особенность, еще сильнее выраженная при рахите. Несомненно и некоторые особенности строения грудной клетки астенического типа могут рассматриваться как результат повышенной пластичности кости в соединении с пониженным тонусом мышц и уменьшением размеров внутренних органов.

Такой глубокий параллелизм со случаями повышенной пластичности кости заставляет объяснять морфологию лептосомов сходными причинами. Распространение повышенной пластичности подтверждает это. Даже для детского рахита разные авторы дают цифры от 20 до 90 % ее распространения [41]. Возможно, что сюда фактически входят и случаи не авитаминозного повышения пластичности, поскольку статистика рахита обычно пользуется лишь морфологическими изменениями.

Таким образом, сложные особенности костной морфологии здесь сводятся по существу к двум: меньшей толщине и повышенной пластичности. Но и меньшую толщину [29] и пластичность можно рассматривать как результат пониженного питания кости — единой причины, лежащей в основе всей костной морфологии лептосомной конституции [35].

Не повторяя всего рассуждения в отношении эйрисомной конституции, ее особенности надо рассматривать как противоположные особенностям лептосомов: увеличенная толщина и пониженная пластичность кости. Таким образом, лептосомная и эйрисомная конституции выступают в качестве противоположных полюсов в отношении питания костной ткани.

Иные особенности характеризуют костную систему так называемого «атлетического» типа конституции: широкое и длинное лицо, длинная и несколько суженная голова, большая нижняя часть лица, длинные конечности, широкие плечи, грубое строение костей с резко выраженным рельефом: надбровные дуги, подбородок и т. д. [29]. В [88]

показано, что рост черепа идет неравномерно: длиннотные диаметры растут сильнее поперечных, нижняя часть лица сильнее верхней. С этой точки зрения атлетическая конституция представляет форму относительно усиленного роста с типично неравномерным увеличением отдельных диаметров. То, что окружность черепа является средней, а поперечный диаметр меньшими размерами компенсирует длиннотный, зависит от размера мозга (который здесь не отличается от других конституций). Этому соответствуют и размеры всего тела: 1) абсолютное и относительное увеличение длины конечностей, которые вообще растут быстрее туловища, и 2) рост всего тела, который вообще при *атлетической конституции выше, чем при других* [29]. Все пропорции и размеры атлетического скелета находят объяснение в одной причине — в относительно усиленном процессе роста.

Естественно поставить вопрос: имеется ли противоположный тип конституции? Он действительно выделяется многими авторами под названием «церебральной», «грацильной» и т. д. конституции. Отличаясь малыми размерами лица, относительно большой черепной коробкой, широкой головой [12], изящными конечностями и малым ростом [89], он полностью противоположен атлетической конституции и отражает относительно ослабленные процессы роста. Его высокий свод черепа — компенсация ослабленного роста основания черепа при тех же приблизительно размерах мозга [39].

Таким образом, в морфологии костной системы типичных конституций обозначаются две линии изменчивости: 1) одна линия вариаций по степени питания кости; крайний полюс повышенного питания занимает эйрисомная конституция, пониженного — лептосомная; 2) по другой линии идут различия по степени роста: атлетическая конституция представляет увеличенный рост костной системы, ведущий к закономерному изменению пропорций; церебральная — представляет ослабленный рост, дающий меньшие размеры и противоположные формы. В то же время каждая конституция, относящаяся к одному ряду (например, атлетическая), в отношении свойств другого ряда (в данном случае питания костной системы) в среднем оказывается промежуточной: пластичность и относительная толщина длинных костей может быть средняя, хотя абсолютная толщина и больше в связи с большими общими размерами костей. Это показывает, что каждый ряд изменчивости является относительно независимым от другого. То есть, например, «атлетик» (так же, как и «церебральный») может одинаково быть или лептосомом, или эйрисомом, или, чаще всего, промежуточным между ними. В свою

очередь эйрисомная и лептосомная конституции приблизительно одинаковы по пропорциям сегментов тела и занимают в этом отношении положение среднее между «атлетической»

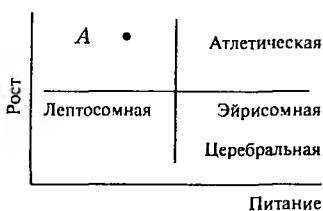


Рис. 2.

и «церебральной» конституциями. В связи с этим, взаимоотношение обоих рядов конституции может быть изображено в виде двух перпендикулярных координат (рис. 2), а конституция отдельного человека изображается точкой (например, А), занимающей определенное место в этих координатах.

Изложенное вполне подтверждается временем выявления конституции в развитии: эйрисомная и лептосомная — выявляются в раннем детском возрасте, что соответствует тому, что обмен имеет значение одинаково во всех возрастах; атлетическая и церебральная — лишь в периоде созревания (Шайю и [89]), так как различия в гетерогенном росте нарастают лишь в это время. В то же время попарная одновременность выявления конституций подтверждает их противоположность, ибо выделение одного полюса в определенном ряду неразрывно с отделением от него другого полюса.

Эта основная точка зрения на физиологические корни конституциональных различий позволила подвергнуть особому анализу и эмпирический материал относительно корреляций, которые выявляются в различных классификациях и исследованиях конституции (свыше 20 авторов и одиночные наблюдения других исследователей). Совпадение конституций в разных классификациях устанавливалось в основном по морфологии, которая описывалась почти во всех работах. Если автор выделяет одинаковые корреляции, то он может описывать или сходные конституции или комбинированные (лептосомно-атлетическую, лептосомно-церебральную, эйрисомно-атлетическую или эйрисомно-церебральную), наличие которых не противоречит найденным взаимоотношениям. Напротив, выделение в качестве типичных конституций смешанных форм, соединяющих черты лептосомной с эйрисомной или черты атлетической с церебральной, означало бы совершенно другие корреляции, противоречащие тем, которые соответствуют указанным четырем конституциям. Случаев последнего рода, однако, не оказалось. Сравнение классификаций и результатов эмпирических исследований обнаружило в них те же корреляции, которые

выявляются в рассмотренных нами конституциях; из более чем 500 пунктов, которыми разные авторы характеризуют конституции, только 14 пунктов оказались в противоречии с другими, вполне согласными между собою. Но и здесь легко устанавливаются причины расхождения: или в методе исследования или в предвзятых идеях, положенных в основу классификации²⁾.

Поэтому такое сравнение позволяет, во-первых, сделать заключение о реальности и большом постоянстве корреляций в типичных конституциях (хотя исследователи выделяют их по самым различным принципам) и, во-вторых, взаимно дополнить данные разных авторов и дать более разностороннюю характеристику конституций (см. табл. 1).

IV. Общие причины корреляции в эйрисомной и лептосомной конституциях

Расширенная характеристика типичных конституций вполне подтверждает результаты изучения костной системы: 1) конституции, противоположные в развитии костной системы, противоположны и по другим показателям, 2) самые различные особенности эйрисомной и лептосомной конституций обязаны отклонениям в питании тканей организма, а характерные черты атлетической конституции вытекают из усиленного гетерогенного роста организма (данные по церебральным слишком скудны для заключения).

Действительно, из таблицы уже сразу видно, что среднее³⁾ содержание подавляющего большинства изученных веществ в крови у лептосомных понижено, а у эйрисомных — повышено [58, 63]. Но количественное различие питания неизбежно сопровождается качественными изменениями. Вещества

²⁾ Так, Черноуцкий нашел у гиперстеников (эйрисомов) наклонность к лимфатизму. Выраженные лимфатики, действительно, часто брахиморфны, но их брахиморфность, видимо, иного типа, чем у эйрисомной конституции. Критерий Черноуцкого — показатель плотности сложения — не позволяет дифференцировать эти конституции, в других отношениях весьма различные. В системе Сиго предполагается наклонность ко всем заболеваниям переразвитой системы, например, у респираторных — к туберкулезу и к эссенциальной эмфиземе. Но по эмпирическим данным (см.: [75, 18]), респираторные наименее предрасположены к эмфиземе, что вполне согласуется с исследованиями сходных конституций в других классификациях и т. д.

³⁾ В работе всюду говорится о средних величинах признаков, так как мы имеем дело лишь с корреляцией признаков с конституцией, а здесь, как объяснялось выше, в отдельных случаях всегда может быть отклонение того или другого признака от правила.

Таблица 1

Главные черты основных конституциональных типов (составлено на основании сопоставления литературных данных согласно большинству авторов)

Признаки	Тип лептосомный (астенический)	Тип атлетический	Тип эйрисомный (пикнический)	Тип церебральный	Тип средний
	Узкая артериальная система, часто капельное сердце, лимфатическая ткань развита	Часто митральное сердце, лимфатическая ткань развита	Широкая артериальная система, лимфатические железы не развиты		
1	2	3	4	5	6
Время выявления типа	До созревания	После созревания	До созревания	После созревания	—
Характер постарения	Равномерное, медленное	—	Неравномерное, раннее	—	—
Функциональная способность органов	В общем понижена	—	В общем повышена	—	—
Концентрация гемоглобина, кальция, каталазы, липазы, мочевой кислоты, сахара, холестерина в крови	Пониженная	Средняя	Повышенная	—	—
Концентрация протеазы	Понижена	Повышена	Понижена	—	Повышена

1	2	3	4	5	6
Концентрация диастазы	Повышена	Средняя	Понижена	—	—
Соединительная ткань	Вялая, хотя количественно близка к норме	Гипертрофирована	Эластичная, полноценная, хотя количественно близка к норме	—	—
Состояние вегетативной нервной системы	Ваготония	—	Симпатикотония	Неустойчивость	—
Сексуальная выраженность	Небольшая	Средняя или высокая	Высокая	—	—
Особенности эндокринной системы	Гипопаратиреозидизм (?)	Гипертиреозидизм (?), гиперпитуитаризм (?)	Гипертиреозидизм (?)	—	—
Общие патологические черты	Преобладание хронических заболеваний над острыми; инфекции часты, вялы, с хорошим исходом	Частые острые заболевания (вообще тип реакции ближе к пикническому, чем к астеническому); инфекции более эпидемического характера	В молодости превосходное здоровье; отклонения от нормы во вторую половину жизни; преобладание хронических заболеваний над острыми; инфекции редки, острые, часто с плохим исходом	Тип патологии несколько ближе к лептосомному, чем к пикническому (?)	Наиболее здоровый

1	2	3	4	5	6
Заболевания, не свойственные данному типу	Болезни обмена, склероз (если бывает, то периферический), эмфизема, гипертонии, болезни сердечно-сосудистой системы	—	Туберкулез, энтероптоз	—	—
Заболевания, к которым данный тип предрасположен	Туберкулез, анемия, ахилия, атония, энтероптоз, заболевания с характером изнашивания (сердце); часты невроты, перфорации и деструкции при аппендиците	Гипертония, фиброматоз, ревматические заболевания всех видов, главным образом не подагрические, нервные диспепсии, кислый катар, пептическая язва, нервные и конституциональные заболевания сердца, болезни почек (реже, чем у пикников)	Болезни обмена, особенно подагрических видов, склероз, камни печени; болезни почек, гипертония, жировое перерождение сердца, эмфизема, склонность к эндо- и экзогенным токсемиям	Туберкулез (но меньше, чем у лептосомных)	Болезни главным образом не конституционального характера, острые инфекции (преимущественно эпидемические), заболевания дыхательных путей, желудочно-кишечные (но меньше, чем у мышечного типа)

в организме принято делить на конструктивные и обменные [33]. Первые составляют самую структуру организма (пример — многие белки), вторые служат в основном источником энергии и пластическим материалом (углеводы, жиры, соли). Вернее, однако, считать, что всякое вещество в известной степени является и конструктивным и обменным, — одно больше, другое меньше. В некотором количестве («конструктивный минимум» вещества) в структуры входят и углеводы и жиры, и их находят даже у животных, погибших от голода. С другой стороны, и составляющие структуры организма полноценные белки (особенно если они в избытке) в известной части распадаются и служат источником энергии («обменный избыток» вещества). Поэтому все почти вещества в организме можно расположить в этом отношении в некоторый ряд. На одном конце ряда будут наиболее конструктивные вещества (часть белков и ферментов), которые конструируют и направляют жизненный процесс, но сами мало расходуются; на другом полюсе — вещества, имеющие малое конструктивное значение, но участвующие в обмене почти исключительно, как источник энергии.

При голодании в первую очередь страдают более обменные вещества, при усиленном кормлении они же накапливаются сильнее. Более конструктивные вещества менее изменчивы по содержанию [74, 87, 99]. Эта же закономерность наблюдается и там, где одновременно определялись различные вещества у эйрисомной и лептосомной конституций [58]. Так, меньше всего эти конституции различаются по каталазе, более — по гемоглобину и эритроцитам и еще более — по кальцию крови. Так же и в тканях: больше всего различия по жировым отложениям и значительно меньше по белковым веществам. Это же преобладание обменных веществ у эйрисомных и относительное преобладание конструктивных веществ у лептосомных выражается во многом другом. Обменные вещества являются энергетическим источником для самых различных функций. Отсюда, их относительное уменьшение связано с понижением функций у лептосомной конституции, а относительное увеличение у эйрисомной — с повышением функциональной способности.

В частности найдено было, что эндокринные препараты из органов голодающих животных обладают меньшей активностью [33], т. е. их конструктивная строма страдает меньше, чем обменные вещества инкрета. Это вероятно отчасти и лежит в основе эндокринных предрасположений — в сторону понижения у лептосомной конституции (гипопаратиреозидизм, понижение сексуальной выраженности [29, 49]

и повышения — у эйрисомной (щитовидная железа, сексуальная система)⁴⁾. Аналогично этому различие во внешней секреции желудка [61] и т. д.

Соотношение обменных и конструктивных веществ может пролить свет и на характер соединительной ткани. В [77, 78] в культурах тканей показано, что эластические волокна образуются позже коллагеновых, т. е. при большем количестве веществ обменной группы, выделяемых клетками. Очевидно, что эйрисомная конституция вместе с преобладанием обменной группы должна иметь также преобладание в развитии эластических элементов сравнительно с лептосомной конституцией.

Узкая артериальная система и часто капельное сердце лептосомных, по-видимому, также обязаны меньшему накоплению веществ и пониженному уровню функций, обычным у этой конституции. Пониженный тонус и меньшая вязкость крови способствуют здесь сравнительно низким цифрам кровяного давления. Это наряду с невысокой функцией testes и других эндокринных органов создает меньшие стимулы к развитию сердечно-сосудистой системы, чем у противоположной конституции.

Особое место занимает диастаза, содержание которой в крови повышено у лептосомной и понижено у эйрисомной конституции [63]. Хотя диастаза имеет отношение к образованию сахара, различия ее концентрации у представителей этих конституций противоположны различиям в концентрации сахара. Это явление аналогично повышению фосфатазы при понижении фосфора у рахитиков [31]. Сахар крови, наравне с небольшой группой других веществ — солей, определяющих физические константы [23], является веществом первой необходимости. Сохранение его количества в крови на достаточном уровне — жизненное требование организма. Но запасы гликогена и других источников сахара у лептосомной конституции понижены, и чтобы обеспечить поступление из них сахара в близких к норме размерах, надо усилить активность способствующих этому ферментов, в частности, диастазы. Таким образом, здесь мы имеем вторичное приспособление, обеспечивающее жизненно необходимую функцию у лептосомной конституции⁵⁾.

⁴⁾ Явление, казавшееся непонятным, если считать типичную конституцию следствием эндокринных отклонений (что имеет место иногда, но не является правилом), но естественное, если рассматривать эндокринное отклонение как следствие общей конституции.

⁵⁾ Если верно представление (см.: [91]), что симпатикотония способствует состоянию готовности организма к действию, а ваготония —

Что касается патологии, то ее составляют две, граничащие между собой и переплетающиеся группы явлений: 1) чрезмерное усиление нормальных черт конституции и 2) явления, вытекающие из своеобразной реакции конституции. Ряд предрасположений лептосомной конституции почти прямо определяется понижением запасов (туберкулез легких, легко развивающийся на почве пониженного питания, анемия) или функции (атония, ахилия). Вялость соединительной ткани, гипотония мышечной ткани и недостаточное жиросотложение способствуют у лептосомных развитию энтероптоза, редко возникающего у эйрисомных [81, 60]. Ослабленная функциональная способность органа, не соответствующая предъявляемым к нему требованиям, может вызвать преждевременное изнашивание (сердце — [58]). Наконец, если верно утверждение, что у лептосомной конституции чаще, чем у других, встречается шизофрения ([29, 1]), то это вполне гармонирует с представлением об этом заболевании как о результате истощаемости центральной нервной системы.

Та же ослабленная функция сказывается в понижении иммунитета [17, 1, 70], во всяком случае неспецифического (местная и общая температурная, эксудативная и другие реакции). Инфекция легче внедряется в организм лептосомного⁶⁾, но зато вызывает не такую бурную реакцию, как у эйрисомного, и более вялое течение [81, 17, 1]. Гиперэргическая реакция эйрисомных сама по себе может быть причиной тяжелого течения с плохими исходами [17]. Но надо учесть и другое. Всякая инфекция, даже в отсутствии температурной реакции, вызывает усиленный распад белков (Бенедикт, Дю Бойс по [33, 95]). Это создает большую или меньшую интоксикацию продуктами неполного распада. Но распаду подвержены, конечно, в первую очередь неустойчивые группы веществ, т. е. обменные, которыми богата эйрисомная конституция. Поэтому у эйрисомных не только сильнее реакция на болезнь, но даже при равной реакции должна быть сильнее вторичная интоксикация, что опять ухудшает течение процессов.

явлениям ассимиляции, то поведение вегетативной нервной системы можно бы толковать сходно с диастазой. Там, где накопление понижено (лептосомная конституция), там, очевидно, регуляторная функция нервной системы должна способствовать ассимиляции (ваготония) (см.: [63], Лоесу по: [48]); и наоборот — достаточные запасы (эйрисомная конституция) позволяют усилить готовность к действию, связанную с диссимилиацией (симпатикотония).

⁶⁾ Это иллюстрируется и на паразитарных заболеваниях: острицы были найдены в 73 % у астенической (лептосомной) и только в 16 % у пикнической (эйрисомной) конституции (Руднев по: [70]).

Эта благоприятная для интоксикации почва, в виде богатства лабильными обменными веществами, вообще объясняет склонность эйрисомных ко всякого рода нарушениям обмена, в том числе эндогенным [76, 29, 63, 27, 54]. И внутренние и внешние отклонения условий вызывают у них большие или меньшие интоксикации, повреждающие паренхиматозные клетки поджелудочной железы, почек, сердца и т. д. Отсюда — жировое перерождение сердца, склеротические изменения сосудов и весь спектр заболеваний обмена, так часто развивающихся у эйрисомных (камни почек и печени, подагра, диабет и т. д.). Склерозу сосудов, помимо повреждения клеток и высокого содержания липоидов в крови, несомненно способствует повышенное кровяное давление эйрисомных [27, 58, 63], развивающееся вследствие высокого тонуса сердечно-сосудистой системы, повышенной вязкости крови, а иногда и вторично вследствие интоксикаций. Но повышение давления всегда происходит неравномерно: больше в центральных сосудах и меньше на периферии. Поэтому крупные артерии у эйрисомных обычно страдают в первую очередь. Напротив, у лептосомных, где редко повышение кровяного давления, центральные артерии находятся в более благоприятном положении, и если клетки все же повреждаются и склероз развивается, то чаще периферический [58]. Что касается различных нарушений обмена, то на фоне повышенного накопления веществ даже небольшие повреждения клеток, проходя незаметно у лептосомных, у эйрисомной конституции могут выявляться в виде патологических отложений (камни печени и почек, склероз, подагра) или углубляться благодаря той нагрузке, которую избыточное накопление дает поврежденным клеткам (белковая нагрузка на почечные клетки и т. д.).

Резюмируя все, мы можем сказать, что количественное различие в питании тканей, с неизбежным, вытекающим из него качественным его изменением лежит в основе всех характерных особенностей лептосомной и эйрисомной конституции.

Что же обуславливает различное питание этих конституций?

Некоторые исследователи, придававшие ему решающее значение [93, 27], искали причины в разном развитии систем накопления и расходования (пищеварительной и др.). Однако опыты показывают, что отклонения питания организма в целом совершенно неравномерно отражаются на различных системах и органах. В то время как одни из них (нервная система и др.) не изменяются совсем, другие, например,

органы движения, изменяются в росте и развитии [35, 85]. Организм реагирует приспособительно, сохраняя постоянными наиболее ценные органы и ткани за счет других, менее ценных. Между тем, у лептосомной и эйрисомной конституций различия затрагивают все системы более или менее равномерно, от костной до внутренних органов и нервной системы, и почти не отражаются на процессах роста, связанных с размножением клеток⁷⁾. Поэтому различия этих конституций не могут зависеть от простого количественного режима питания или от деятельности, например, пищеварительной системы, деятельности внешней по отношению к другим органам. Изменены процессы в самих тканях. Параллелизм питания всех тканей, очевидно, обязан здесь сходству в процессах ассимиляции и траты в самих клетках тканей⁸⁾. Параллелизм этот может быть порожден внешними (клеткам) причинами (токсины, витамины, эндокринные факторы), которые действуют прямо на все ткани, не подпадая под действие регулирующих механизмов, защищающих наиболее важные органы. Он может зависеть также от врожденных причин, так как все клетки одного организма происходят из одного яйца и получают от него одинаковые предпосылки к усвоению (и трате) питания из внутренней среды организма. И действительно, ряд воздействий резко сдвигает конституцию: профессиональные условия [58], интоксикации [8] создают значительные изменения формы, в то время как простое внешнее повышение или понижение питания не может превратить лептосомную конституцию в эйрисомную или эйрисомную в лептосомную [29, 35, 85].

Таким образом, различия лептосомной и эйрисомной конституций можно видеть в параллельной способности разных тканей к ассимиляции и диссимиляции. Соотношение ассимиляция/диссимиляция порождает определенный уровень накопления⁹⁾ с соответствующим ему качественным составом веществ. В свою очередь, степень и характер

⁷⁾ Например, на росте кости в эпифизарных хрящах. Возможно, что и различные размеры внутренних органов здесь обязаны не разному размножению, а объему клеток, в зависимости от уровня их питания (см. [33]).

⁸⁾ Несмотря на различный характер диссимиляции (функции) в разных тканях организма, в основе ее все же лежит сходный механизм (Кронтовский по [53]), благодаря чему и в диссимиляции возможен параллелизм различных тканей.

⁹⁾ Относительное постоянство накопления при постоянно идущей повышенной ассимиляции объясняется тем, что с накоплением вещества повышается и диссимиляция (Рубнер по [33], которая на некотором уровне накопления наконец уравнивает постоянную ассимиляцию. Рост диссимиляции здесь может быть обязан как регуляторным нервным

накопления определяют все типичные черты лептосомной и эйрисомной конституции.

V. Физиология и патология организма в связи с гетерогенным ростом

В гетерогенном росте можно видеть основу различий «церебральной» и «атлетической» конституций. Из них более полно охарактеризована «атлетическая» конституция. Характерные черты костной системы «атлетического» типа можно свести к усиленному росту с вытекающим из этого изменением пропорций; характерные черты «церебральной» костной системы — к ослабленному росту. Изучение показывает, что и остальные свойства «атлетической» конституции можно считать прямым выражением той же основной черты или вторичным следствием из нее. Рост организма идет вообще неравномерно [83, 35] и при подавлении или усилении общего роста одни органы (мозг, глаз и т. д.) почти не изменяют своего нарастания, а другие (конечности, вообще костная и мышечная системы) реагируют особенно сильно [85, 86, 35]. Эта закономерность ярко выявляется во всей морфологии «атлетиков» и «церебральных». Мозг людей разного роста различается чрезвычайно мало [42], в то время как костная система у «атлетиков» растет наиболее сильно, а у «церебральных» — особенно слабо. Отсюда, между прочим, проистекает различие в форме черепной коробки: округлой и высокой у «церебральных», суженной и удлиненной у «атлетиков». Внутренние органы по росту располагаются между нервной системой и органами движения.

За исключением морфологии, сведения, имеющиеся о «церебральной» конституции, настолько неполны, что не позволяют сказать чего-либо определенного. Немногие имеющиеся данные по патологическим предрасположениям вероятно характеризуют не конституцию вообще, а только те частные случаи, где пониженный рост связан с ухудшением питания всего организма в целом (неблагоприятные внешние условия, функциональная слабость пищеварительной или других систем). Это может ослабить рост [85, 35] и одновременно создать предпосылки для патологии, сходной с лептосомной. Такие случаи могут первыми броситься в глаза, но они, конечно, не типичны для основной массы нормальной «церебральной» конституции, где уменьшенный

механизмам, так и тому, что накапливаются преимущественно лабильные обменные вещества, наличие которых увеличивает процессы траты [33].

рост может быть обязан многим совершенно иным причинам (ранней дифференцировке тканей, неалиментарному уменьшению темпов роста и т. д.). Поэтому они не дают пока основания делать какие-либо дополнительные заключения относительно «церебральной» конституции.

У «атлетической» конституции различиям в росте органов соответствуют различия в росте отдельных тканей. В культурах тканей вне организма одни и те же влияния вызывают усиленный рост самых различных тканей [92, 84]. Но рост у разных тканей усиливается при этом неодинаково. Оптимальное количество усиливающего рост вещества (эмбрионального экстракта, продуктов гидролиза белка) различно для разных тканей [92]. В общем и здесь усиление или ослабление общего роста больше всего сказывается на тканях, которые вообще более способны к росту, — соединительной, костной, мышечной, частично на эпителиях и слабее всего на нервной [85, 35, 92]. В свете этих данных понятно, что именно соединительная ткань, вообще наиболее способная к росту, гипертрофирована у атлетов [40], и что они особенно склонны к патологическому размножению соединительнотканых элементов — фиброматозу [59, 58, 19, 39]. По-видимому и отмечаемое некоторыми авторами развитие лимфатической ткани здесь надо считать первичным результатом усиленной способности к росту (в противоположность лептосомной конституции, где это скорее вторичное следствие как вялого созревания, так и частых инфекций).

По большинству биохимических показателей, как и по питанию кости, атлетическая конституция, естественно, занимает среднее положение [58]. Исключение составляет протеаза, что вероятно надо объяснить повышенным белковым обменом, благодаря относительно и абсолютно большой мышечной массе¹⁰⁾ [33].

Патология атлетического типа сближается с патологией средней конституции преобладанием острых инфекций, что является следствием их одинакового промежуточного положения по степени питания. Действительно, отсутствие значительных нарушений обмена обуславливает то, что у этих двух конституций редки хронические заболевания (эндогенные — как у эйрисомов, или имеющие благоприятную

¹⁰⁾ Это относится вообще к средним (по степени питания) конституциям. У лептосомных мускулатура обычно значительно отстает в развитии от внутренних органов и скелета, у эйрисомных — от жировой ткани и некоторых внутренних органов, например, печени. Относительно наибольшей мускулатуры надо ожидать у конституций промежуточных. Для атлетической это усиливается еще явлениями гетерогенного роста.

эндогенную почву — как инфекции у лептосомов). В результате *относительно* большую роль приобретают острые инфекционные заболевания, которым подвержены все конституции. Напротив, специфические заболевания атлетов связаны не с питанием, а с гетерогенным ростом. Помимо фиброматоза, о котором уже говорилось, тот же гетерогенный рост может сказаться и на патологии сердца. Развитие сердца отстает от роста организма в целом [38, 42], и в ряде случаев здесь в периоде развития создается известное несоответствие, которое сказывается в сердечной недостаточности. У «атлетической» конституции явления роста выступают особенно резко, а в некоторых случаях могут быть связаны и с удлинением периода развития. Естественно, что у этой конституции сердечная недостаточность и недоразвитие должны выявляться чаще и сильнее, чем у других. В то же время, после окончания роста некоторая часть этих случаев должна постепенно выравниваться, что и наблюдается в действительности [58].

Другая группа заболеваний должна быть связана с относительным увеличением мышечной массы. Избыток такой требовательной ткани, как мышечная, может быть сам источником патологии [5]. С увеличением мышечной массы повышается уровень белкового обмена [33]. В то же время рост почек (и ряда других внутренних органов) значительно отстает от роста мышечной системы [42]. В результате на них ложится увеличенная нагрузка, которая выявляет и усиливает всякую патологию, проходящую незаметно у других конституций при низком уровне белкового обмена. Возможно, что и ревматические заболевания связаны с отклонениями в повышенном белковом обмене атлетов. «При злоупотреблении белковой пищей наблюдаются явления аутоинтоксикации вследствие развития процессов гниения в кишечнике, равно как и наступление подагрических, ревматических и невралгических расстройств» [34].

Наконец, особое место занимают эндокринные предрасположения атлетической конституции (гипертиреозидизм, гиперпитуитаризм [29]). Трудно пока сказать, могут ли они вытекать из гетерогенного роста. Но несомненно, что они сами могут способствовать усилению роста. Поэтому их корреляция с атлетической конституцией должна быть по крайней мере отчасти обусловлена не отношением следствия к причине, а отношением причины к следствию. Но и тут, конечно, связь идет через тот же «узел» — через усиленный гетерогенный рост организма.

Таким образом, все основные особенности атлетической конституции и по меньшей мере морфология церебральной

конституции могут рассматриваться как имеющие в своей основе различия в росте: усиленном у атлетической конституции, уменьшенном — у церебральной. Та или иная степень роста создает соответствующее изменение в пропорциях органов и в соотношении тканей, которые, в свою очередь, определяют характер физиологических процессов и патологических предрасположений¹¹⁾.

Заключение

Сделаем краткие выводы. Раз в основе типичных конституций лежат такие простые физиологические факторы, как рост и соотношение ассимиляции и диссимиляции, то очевидно, что возбуждающий много споров вопрос о роли наследственного и ненаследственного в конституции разрешается просто: наследственность в той мере определяет принадлежность к той или другой типичной конституции, в какой она определяет рост и обмен. Это уже вопрос конкретного исследования, но во всяком случае и теперь можно сказать, что конституция не является результатом только наследственных факторов. И хотя наследственность входит в число моментов, определяющих конституцию, однако, тем не менее, и ее влияние может быть изменено или преодолено внешними воздействиями, поскольку дело идет о таких доступных воздействию факторах, как рост и обмен. Разные профессии приобретают различия не только по морфологии, но и по показателям крови. Эти различия в среднем даже больше, чем между конституциями внутри профессии [58]. В СССР после революции улучшение бытовых условий обусловило значительное увеличение роста, веса и окружности груди призывников [11]. А рост, как показано, — один из основных факторов, обуславливающих конституцию. Таких данных много. Всякое воздействие, поскольку оно изменяет питание всех тканей или гетерогенный рост организма, дает сдвиг в сторону той или другой типичной конституции. Эти пути принципиально

¹¹⁾ Из этого, конечно, не следует, что всякий атлетик — большого роста и всякий крупный человек — атлетик. Это верно для большинства. Для атлетической конституции характерно определенное соотношение органов и тканей, порождаемое гетерогенным ростом. Поэтому, например, изолированная остановка роста скелета (раннее созревание и т. д.) может сохранить малый рост, а соотношение других органов и тканей, продолжающих расти, может быть и атлетическим. Возможны и различные другие сходные случаи, в которых в известной степени нарушается соответствие даже таких существенных признаков основной конституции.

возможно использовать для намеренного изменения конституции. Уже теперь это в некоторой степени возможно путем подбора эндокринных, фармакологических и других факторов и создания соответствующих условий развития и питания. Полное же управление конституцией требует и специфических методов влияния на рост и на соотношения ассимиляция/диссимиляция в клетках. И рост и обмен, как и другие простые признаки, дают обычное распределение со всеми переходами между крайними отклонениями и с преобладанием средних форм. Это особенно подчеркивает метафизичность резкого разграничения различных типов конституции. Резко разграничивать лептосомную, атлетическую и другие конституции было бы аналогично резкому разграничению, например, высоких и низких людей¹²⁾.

Также нельзя расценивать какую-либо типичную конституцию как более здоровую или работоспособную, по сравнению с другой. Каждая имеет свои слабые и сильные стороны, качественно неодинаковые, но количественно не дающие ей преимуществ над другой. Можно только предполагать, аналогично большинству более простых признаков, что резкие отклонения в ту или другую сторону вообще менее благоприятны, чем средняя и одновременно наиболее многочисленная конституция [25, 60]. Это не значит, конечно, что нет представителей крайних конституций, таких же здоровых, как представители средних. Общая конституция лишь способствует выявлению одних слабых мест в организме и скрывает другие. Например, эйрисомная конституция, увеличивая нагрузку на почки и стенки сосудов, выявляет их слабость. Если же таких слабых мест нет, то и крайняя конституция может сочетаться с превосходным здоровьем.

Задачи дальнейшего исследования, в связи с развитыми здесь предположениями, в основном сводятся к следующему:

- 1) выяснение прямых методов определения способностей тканей к росту и происходящего в них обмена;
- 2) изучение конституции в развитии;
- 3) изучение прямых методов изменения конституции;
- 4) нахождение новых существенных факторов (аналогично росту и соотношению ассимиляция/диссимиляция, определяющих конституцию организма).

Что касается первого, то такое прямое определение чрезвычайно увеличило бы точность прогнозов и облегчило бы выбор терапии, соответствующей конституции.

¹²⁾ Как говорилось выше, хотя в основе атлетической и церебральной конституции лежит явление роста, не надо отождествлять людей высокого роста с атлетиками, а низкого роста с церебральными.

Не требуют пояснения вторая и третья задачи. Но на четвертом пункте надо остановиться. Комплексы связанных между собою признаков, по которым различаются организмы, могут быть самыми разными. В основе одних лежит эндокринная железа (например, комплекс, различающий конституции с гипо- и гипертиреозом), в основе других — условия развития (например, недостаток и избыток физической нагрузки) и т. д. Здесь эндокринная железа или условия развития связывают признаки в устойчивую группу и играют роль аналогичную той, которую в типичных конституциях играет обмен или рост. Но отношение ассимиляция/диссимиляция в тканях и рост играют в реальных условиях большую роль: в населении они фактически обуславливают больший размах изменчивости, шире затрагивают различные признаки, чем, например, какая-нибудь эндокринная железа. В частности, это происходит и потому, что на них отражаются и все эти факторы: эндокринные железы, условия развития и т. д. Они как бы вбирают эти влияния, суммируют их и под их действием сдвигают весь комплекс связанных ими признаков. Но это не значит, что нет других линий различия и, конечно, надо искать наиболее важные из них и вызывающие большую их изменчивость. Понятно какое это может иметь значение. Если мы говорим о больном, что он лептосом, это говорит довольно много о нем. Но если мы к этому добавим, что он атлетик — это создаст гораздо более полную и детальную картину его особенностей. Если бы мы могли найти еще новую, независимую от этих линий изменчивости, которая также глубоко характеризовала бы организм еще и с других сторон, то полнота представления о конституции очень возросла бы. Не предрешая вопроса о следующей, третьей по важности координате, можно все же высказать предположение, что в основе ее должна лежать *абсолютная* интенсивность процессов питания и роста организма.

Особую задачу представляет также выяснение связи между ростом и соотношением ассимиляция/диссимиляция. В первом приближении их можно считать независимыми друг от друга. Но возможно, что более точное изучение покажет небольшую зависимость. Например, может быть окажется, что лептосом имеет больше шансов быть атлетиком, а эйрисом — церебральным (или наоборот). Детализации этих вопросов и другим смежным вопросам (критика взглядов разных авторов, отношение к вопросу о расах, методы исследования конституции и т. д.) посвящены уже специальные статьи, исходящие из общих принципов, излагаемых в настоящей работе.

Настоящая работа была доложена в 1935 г. С тех пор в советской литературе появились три работы, имеющие к ней прямое отношение.

По частному вопросу высказался Зенкевич [20]. Основываясь на найденной им отрицательной корреляции толщины и минерализации кости он возражает против представления, что морфология астеноидного (лептосомного) типа связана с повышенной пластичностью кости. Не останавливаясь на этом вопросе подробнее (так как вопрос о пластичности является предметом специальной статьи), укажу только, что Зенкевичем допущена одна из двух ошибок: или, во-первых, отождествление тонкокости с астеноидной конституцией (в то время как тут имеется лишь корреляция) или, во-вторых, представление, что наличие корреляции двух явлений с третьим позволяет определить корреляцию между ними. Ошибочность последнего иллюстрируется работой самого Зенкевича (корреляция минерализации с длиной и толщиной кости). Впрочем и выбор материалов (*tibia*) для решения данного вопроса оказался крайне неудачным. Все это совершенно лишает убедительности возражения Зенкевича по данному вопросу, конечно, не уменьшая общего значения этой ценной работы.

Другая — статья Рогинского [52], представляющая серьезное подтверждение изложенного. Ссылаясь на работу автора, Рогинский указывает, что его материал (свыше 500 красноармейцев) подтверждает два основных положения этой работы: 1) о происхождении морфологии атлетов и церебральных в связи с гетерогенным ростом организма и 2) об относительной независимости конституций атлето-церебрального ряда от конституций лептосомно-эйрисомного ряда.

Третья — работа Бунака [10], правда, несвободная от некоторых методических и теоретических недостатков (не всегда критическое толкование парциальной корреляции, произвольное введение представления о «коллоидно-мицеллярной» основе конституции). Бунак, ставивший под сомнение изложенные положения автора в рецензии 1935 г., в последней статье (1940) занял позицию, в целом уже сходную с развиваемой здесь, приняв, в частности, два основных направления вариации, из которых одно обусловлено явлениями углеводно-жирового обмена, а другое основано на гидрофильности и выражается в развитии скелета и мускулатуры. Между собой эти два направления, по Бунаку, относительно независимы.

Наконец, большой материал Крушинского по конституции служебных собак (неопубликованные данные, за озна-

комление с которыми приношу автору глубокую благодарность), где и изучались именно намеченные автором четыре конституции, показал при статистической обработке отсутствие корреляции между обоими линиями конституциональной изменчивости.

Литература

1. *Андреев М. П.* Взаимоотношения психического склада и сложения // Раб. псих. клиники Казанского государственного университета. Казань, 1926.
2. *Андреев Ф. А.* К учению о конституции человека // Труды VII Съезда российских терапевтов. М., 1925.
3. *Астанин П. П.* Химия окостенения // Усп. биол. хим. 9. 1932.
4. *Биркнер Ф. Р.* Расы и народности человечества. Спб.: Брокгауз—Ефрон, 1914.
5. *Богомолец А. А.* Введение в учение о конституции и диатезах. М.: Изд-во Сабашниковых, 1926.
6. *Богомолец А. А.* Мезенхима и конституция // Ученые записки Саратовского университета. Т. 1. 1924.
7. *Бубличенко Л. И.* Заболевание эклампсией и особенности конституции // Российский гинекологический вестник. 2. 2. 1925.
8. *Бунак В. В.* К антрометрической характеристике потомства сифилитиков // Русский евгенический журнал. 1. 1924.
9. *Бунак В. В.* Несколько данных к вопросу о типичных конституциях человека // Российский антропологический журнал. 13. 1924.
10. *Бунак В. В.* Нормальные конституционные типы в свете данных о корреляции отдельных признаков // Ученые записки Московского государственного университета. 34. (Антропология). 1940.
11. *Бунак В. В.* Об изменении роста мужского населения СССР за 50 лет // Антропологический журнал. 1932.
12. *Вейденрейх Ф.* Расы и строение тела. М.—Л.: ГИЗ, 1929.
13. *Вирениус А. С.* Характеристика учащегося. Спб., 1904.
14. *Выготский Л. С.* Эйдетика. Основные течения современных психологии. 1930.
15. *Гиппократ.* Избранные книги. М.: Биомедгиз, 1936.
16. *Гуревич М. и Озерецкий Н.* Психомоторика. Ч. 1. М.—Л., 1930.

17. *Давыдовский И. В.* Патологическая анатомия и патогенез важнейших заболеваний человека. Ч. 1: Инфекционные болезни. М.—Л.: Медгиз, 1933
18. *Егоров К. А.* Типы Сиго в связи с их заболеваемостью // Труды VII Съезда российских терапевтов. М., 1925.
19. *Еленевский К. Ф.* К учению проф. Крылова В. П. о телосложениях (Резюме доклада) // Врачебное дело. 7. 1926.
20. *Зенкевич П. И.* К вопросу о факторах формообразования длинных костей человеческого скелета // Антропологический журнал. 1937.
21. *Зенкевич П. И.* К вопросу о факторах формообразования длинных костей человеческого скелета, II // Ученые записки Московского Государственного университета. 34 (Антропология). 1940.
22. *Зиновьев П. М.* Характер и конституция // Научное слово. 5. 1929.
23. *Зюков А. М.* Обмен воды в организме // Харьков: Научная мысль, 1929.
24. *Ивановский А. А.* Дальнейшие исследования по вопросу об изменениях физических признаков населения России под влиянием голодания // Наука на Украине. Харьков, 1922.
25. *Игнатов Д. В.* Возрастные половые и конституциональные различия в частоте заболеваний и причин смерти населения Харькова по данным патолого-анатомических вскрытий // Материалы по антропологии Украины. Сб. 3: Корреляция физических признаков. ГИЗ Украины, 1927.
26. *Изаксон Б. И.* К вопросу о конституции в акушерстве // Труды VII Всесоюзного Съезда гинекологов и акушеров. 1927.
27. *Кабанов И. А.* Конституция нормальная и патологическая // Труды VII Съезда российских терапевтов (1925). Клин. мед., 1929.
28. *Колосов М. А.* Конституция женщины // Криевский А. А. Руководство по женским болезням. Гл. 9. Л., 1926.
29. *Кречмер Э.* Строение тела и характер. 2-е изд. М.—Л.: Госиздат, 1930.
30. *Кронтовский А. А.* Наследственность и конституция. ГИЗ Украины, 1925.
31. *Лепский Е. М.* Рахит и тетания рахитиков. Госиздат, 1941.
32. *Лившиц М. И.* Учение о конституциях человека. ГИЗ Украины, 1924.

33. *Лондон Е. С.* Обмен веществ в животном организме. Л.: Ленмедиздат, 1932.
34. *Лондон Е. С.* и *Ловцкий А. Я.* Обмен веществ в организме животных и человека. М.: Биомедгиз, 1938.
35. *Малигонов А. А.* Исследования по вопросам биологии сельскохозяйственных животных // Труды Куб. с.-х. инст. 3. 1925.
36. *Малиновский А. А.* Статистическая и физиологическая корреляция признаков и конституции организма // Труды Института цитологии, гистологии и эмбриологии АН СССР (в печати). — См. работу [1948а] — (Ред.).
37. *Маслов М. С.* Учение о конституциях и аномалиях конституции в детском возрасте // Практик. медицина. Л., 1925.
38. *Маслов М. С.* Основы учения о ребенке. 2-е изд. Т. 2: Практик. медицина. Л., 1929.
39. Материалы для биографии В. П. Крылова // Сб. Памяти Крылова. Изд. Медицинского Харьковского Общества, 1912.
40. *Матес П.* Конституционные типы женщин. Киев: Наука и просвещение, 1927.
41. *Медовиков П. С.* Рахит и его лечение. М.—Л.: ГИЗ, 1927.
42. *Николаев Л. П.* Возрастные, половые и конституциональные различия в размерах тела и весе органов у взрослых // Материалы по антропологии Украины. Сб. 3: Корреляция физических признаков. Харьков: ГИЗ Украины, 1927.
43. *Павлов И. П.* Лекции о работе больших полушарий головного мозга. М.—Л.: ГИЗ, 1927.
44. *Павлов И. П.* 20-летний опыт объективного изучения высшей нервной деятельности животного. 5-е изд. Л.: Ленмедиздат, 1932.
45. *Павлов И. П.* Физиология и патология высшей нервной деятельности. Л.—М.: Госмедиздат, 1930.
46. *Павлов И. П.* Проба физиологического понимания истерии. Л.: Издательство Академии наук СССР, 1932.
47. *Павлов И. П.* Последние сообщения по физиологии и патологии высшей нервной деятельности. Т. 1, 2 и 3. Издательство Академии наук СССР, 1933—1935.
48. *Пенде Н.* Недостаточность конституции. М.—Л.: ГИЗ, 1930.
49. *Периц Г.* Введение в клинику внутренней секреции.
50. *Раздольский И. Л.* Конституция и сифилис нервной системы // XIX Съезд российских хирургов. Л., 1928.

51. *Ранке И.* Человек / Перевод с немецкого под ред. Корончевского. СПб., 1900.
52. *Рогинский Я. Я.* Материалы по исследованию связи телосложения и моторики // Антропологический журнал. 3. 1937.
53. *Румянцев А. В.* Культуры тканей вне организма. Госиздат. М., 1932.
54. *Сердюков М. Г. и Мельников А. В.* Значение конституциональных факторов при беременности, родах и в послеродовом периоде // Труды VIII Всесоюзного Съезда гинекологии и акушерства. Киев, 1930.
55. XIX съезд российских хирургов. Л., 1928.
56. Труды VII Всесоюзного Съезда гинекологов и акушеров // Практ. медицина, Л., 1927.
57. Труды VII Съезда российских терапевтов. М., 1925.
58. *Чельцова О. Н.* Конституция и профессия. Вып. 1. М.—Л.: Госмедиздат, 1930.
59. *Чельцова О. Н.* Об общем фиброматозе // Журнал усовершенствования врачей. № 6. 1925.
60. *Черноруцкий М. В.* Энтероптоз с конституциональной точки зрения // Врачебное дело. №№ 16—21. 1921.
61. *Черноруцкий М. В.* Учение о конституции, конституциональные аномалии, конституциональные болезни // *Ланг Г. Ф. и Плетнев Д. Д.* Частная патология и терапия внутренних болезней. Т. 4. ГИЗ, 1923.
62. *Черноруцкий М. В.* Учение о конституции и клиника внутренних болезней // Труды VII Съезда российских терапевтов. М., 1925.
63. *Черноруцкий М. В.* Два основных конституциональных типа // XIX Съезд российских хирургов. Л., 1927.
64. *Черноруцкий М. В.* Несколько слов о конституции, конституциональной классификации и конституциональной корреляции // Терапевтический архив. 5. 1927.
65. *Черноруцкий М. В., Кузнецов О. Л. и Алексеев И. А.* К методике конституционального клинического исследования // Труды VII Съезда российских терапевтов. М., 1925.
66. *Черноруцкий М. В. и Глинка-Черноруцкая Е. Л.* Колебания сахара в крови в связи с конституцией // Терапевтические архивы. 5. 1927.
67. *Черноруцкий М. В., Глинка-Черноруцкая Е. Л. и Эйзова М. С.* Ферментные показатели крови в связи с конституцией больных // Там же. 1927.

68. *Чистяков Г. А.* К вопросу о корреляции размеров тела // *Материалы по антропологии Украины. Сб. 3: Корреляция физических признаков.* Харьков: ГИЗ Украины, 1927.
69. *Шевкуненко В. Н.* Типовая и возрастная анатомия. Л., 1925.
70. *Шолле Г.* Острицы // *Большая медицинская энциклопедия.* Т. 23. М., 1939.
71. *Штефко В. Г.* Туберкулез легких и конституция. М.—Л., 1930.
72. *Энгельс Ф.* Диалектика природы.
73. *Юдин Т. И.* Психопатические конституции. М.: Изд-во Сабашниковых, 1926.
74. *Aron H.* *Phillppine J. Sc.* 6.
75. *Bauer J.* *Die konstitutionelle Disposition zu inneren Krankheiten.* Berlin, 1921.
76. *Beneke F. W.* *Konstitution und konstitutionelles Kranksein des Menschen.* Marburg, 1881.
77. *Bloom W.* *Development of Elastic Fibers in Cultures of Embryonic Heart Muscles // Proc. Soc. Exp. Biol. a Med.* 26. 1929.
78. *Bloom W.* *Studies of Fibers in Tissue Culture. II: The Development of Elastic Fibers in Cultures of Embryonic Heart and Aorta // Arch. exp. Zellf.* 9. 1929.
79. *Boas F.* *Changes in Bodily Form of Descendants of Imigrants // Imigr. Comm. Doc. Washington,* 1910. № 208.
80. *Brunner.* *Bruns Beitr. Klin. Chir.* 122. 1921.
81. *Bryant J.* *The Carnivorous and Herbivorous Types of Man.* *Boston Med. and Surg. J.* 170, 172. 1914—1915.
82. *Demuth F.* *Energiestoffwechsel, Wachstum und Differenzierung // Arch. f. exp. Zellf.* 15, 1934.
83. *Huxley J. S.* *Problems of Relative Growth.* London, 1932.
84. *Fischer A. and Parker R.* *Proliferation und Differenzierung // Arch. exp. Zellf.* 8. 1929.
85. *Jackson C. H.* *Structural Changes When Growth is Suppressed // Amer. J. Anat.* 51. 1932.
86. *Kumagawa M.* *Mit. med. Fak. Kais. Jap. Univ. Tokio.* 3. 1894.
87. *Landois L.* *Руководство по физиологии человека.* Берлин: Врач. Т. I и II. 1921.
88. *Langer.* *Über Gesichtsbildung // Mitt. Anthropol. Ges. Wien.* 1. 1870.
89. *McAuliffe.* *Les tempéraments.* Paris, 1926.

90. *Martius F. H. A.* Konstitutions und Vererbung in Ihren Beziehungen zur Pathologie. Berlin, 1914.
91. *Nagel W.* Sympathikotonie und Vagotonie als Symptome physiologischer Zustände // Verh. Schweiz. Med. Biol. Ges. 3. Schweiz. Med. Wochenschr. 66 Jahrg. 1936.
92. *Parker R.* Physiologische Eigenschaften mesenchymaler Zellen in vitro // Arch. exp. Zellf. 8. 1929.
93. *Sigaud C.* La forme humaine. Paris, 1914.
94. *Stern-Piper L.* Konstitution und Rasse // Zeitschr. ges. Neun und Psychiatr. 86. 1923.
95. *Toenissen.* Erg. d. inn. Medizin. 23. 1923.
96. *Tucker W. B.* and *W. A. Lessa.* Man — A Constitutional Investigation // The Quart. Rev. of Biol. 15 (3, 4). 1940.
97. *Stern-Piper L.* Konstitution und Rasse // Zeitschr. ges. Neun und Psychiatr. 86. 1923.
98. *Voit W.* Morphologische und physiologische Fragen der Primitiventwicklung // Sitzber. Ges. Morph. u. Physiol. München, 1924.
99. *Voit C.* Zeitschr. f. Biol. 2. 1866.
100. *Welcher.* Arch. klin. Chir. 117. 1921.
101. *Wright S.* General Group and Special Size Factors // Genetics. 17. 1932.

ТИПЫ УПРАВЛЯЮЩИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ИХ ПРИСПОСОБИТЕЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ*

1. Введение

В биологических образованиях — клетках, органах, организмах, видах и т. д. — можно выделить различные типы управляющих систем, различающиеся теми взаимоотношениями, в которых находятся составляющие их звенья — органы, процессы, нервные или гормональные связи и т. д.

Можно установить, что определенный тип управляющих систем, как правило, выполняет также определенную приспособительную функцию.

Так, например, изучаем ли мы идущее при смене поколений эволюционное приспособление организма к среде, или его кратковременное приспособление путем комбинаций элементарных рефлекторных реакций, или, наконец, морфологические черты структуры определенного органа, но если во всех этих случаях задачей организма является приспособление к ненаправленно изменяющейся, постоянно новой среде, то и тип управляющих систем, обеспечивающих это приспособление, точно также будет в основном один и тот же. Другой, тоже довольно однородный тип систем мы обнаружим, изучая формы связи, обеспечивающие приспособление организма к тем изменениям среды, которые происходят регулярно и в которых повторяются одни и те же, постоянно возникающие комбинации условий. И здесь мы также можем обнаружить общие черты, например, в особенностях сложной рефлекторной или гуморальной реакции и т. д. Одни типы управляющих систем обеспечивают тенденцию к подвижному равновесию, другие — к дифференциации органов, тканей и реакций и т. д. Задачей настоящей работы является указать на некоторые из таких типов и на их приспособительную функцию.

* Источник: [1960 а].

Ниже мы рассматриваем несколько типов биологических систем в связи с определенными условиями, в которых существуют живые организмы (например, постоянно и неожиданно меняющимися, меняющимися регулярно, устойчивыми), и с теми процессами, которые протекают в самих организмах (устойчивыми, циклическими, нарастающими и пр.).

Наша задача заключается в том, чтобы выяснить, какие системы более благоприятны для приспособления организма (или вида и т. д.) к тем или иным условиям или для выполнения необходимых для организма функций.

Попытки найти общие принципы строения систем, управляющих развитием живых организмов, делались в биологии уже давно. В ряде статей начиная с 1914 г., а затем в своей книге 1924 г. «Физиология типов» Н. А. Белов [1] развил мысль, что основным типом взаимоотношений в организме является то, что теперь обычно называется отрицательной обратной связью: если орган *A* стимулирует орган *B*, то орган *B* угнетает орган *A*.

Н. А. Белов приводил много примеров подобных соотношений, взятых из литературных данных, но прямых экспериментальных доказательств у него не было.

В тридцатых годах с дальнейшим развитием этой идеи выступил М. М. Завадовский, доказавший ее экспериментами. В 1941 г. им была издана специальная монография по этому вопросу [2].

В работе [11] было показано, что в процессах дифференциации, а также в регуляции некоторых физиологических процессов основную роль играют положительные обратные связи.

Однако только с развитием кибернетики вопрос о строении и типах управляющих систем в живой природе стал рассматриваться в биологии сколько-нибудь систематически. Надо отметить, что основным объектом изучения здесь оказалась нервная система и лишь в гораздо меньшей степени — другие управляющие системы. Между тем процессы управления широко распространены и у организмов, лишенных нервной системы (например, у растений), и в ряде явлений, хотя и подчиняющихся влиянию нервной системы, но имеющих одновременно и другие пути управления. Нам представляется даже, что при современном состоянии наших знаний изучение схемы управления в процессах раннего эмбрионального развития и в эндокринной системе, а также в простейших процессах, которыми управляют низшие отделы нервной системы, может дать благодаря большей ясности отношений не меньше, чем изучение схем управления высших отделов.

Биологические системы, даже самые простые, в ряде отношений гораздо сложнее созданных в настоящее время искусственных управляющих систем. Это обстоятельство порождает два на первый взгляд противоположных следствия.

Во-первых, в биологических системах мы можем ожидать выявления таких форм и типов взаимоотношения частей, которые не встречаются в искусственных системах или играют в них сравнительно меньшую роль.

Во-вторых, в биологических системах мы пока вынуждены ограничиваться более грубым изучением управляющих систем, чем в искусственно созданных механизмах. Причина этого отчасти заключается в том, что строение искусственных механизмов определяется самим человеком, и оно известно во всех его деталях. В случаях, взятых из биологии, соотношения настолько сложны, что мы имеем возможность выделить лишь основные их черты. Это неизбежно ведет к выделению только общих и сравнительно простых форм, что, однако, уже в настоящее время позволяет сделать определенный шаг вперед в познании биологических явлений.

Настоящая работа посвящена изучению и систематизации биологических управляющих систем.

2. Приспособление к ненаправленным изменениям среды

При изучении изменений среды, воздействующей на организм, можно выделить два их основных типа. В первом случае имеется повторяющаяся (регулярно или нерегулярно) смена одного определенного комплекса условий другими. Так, например, живя постоянно в одной местности, животное или растение испытывает каждый год одни и те же сезонные изменения, образующие тесно связанную группу условий (температура, условия питания, окраска окружающей среды и т. п.). Все эти условия возникают почти одновременно и одновременно же исчезают.

Во втором типе изменений среды условия меняются почти без повторений. Примером могут быть вековые изменения климата и рельефа, когда животные и растения испытывают совершенно новые комбинации условий, которые они не испытывали никогда ранее. Еще резче новые комбинации условий организмам приходится испытывать при переселениях. Точно также и в индивидуальной жизни животному постоянно приходится сталкиваться с новыми сочетаниями условий.

Как же идет приспособление к этим условиям?

Рассмотрим два случая приспособлений к ненаправленным изменениям среды: механизм ядерной наследственности, обеспечивающий эволюционное приспособление вида, и систему рефлекторных реакций нервной системы при приспособлении организма к новым ситуациям.

а) Механизм ядерной наследственности

Одним из наиболее общих случаев приспособления является механизм ядерной наследственности. Некоторые стороны его были уже ранее изучены автором [10, 8, 9], поэтому мы здесь остановимся на них возможно короче.

Основной интерес для нас представляют три особенности этого механизма. Первая: каждое отдельное видоизменение наследственных задатков (мутация) оказывает отчетливо выраженное влияние лишь на сравнительно небольшое число признаков организма. Вторая: мутации различных генов в подавляющем большинстве случаев проявляются независимо друг от друга. Исключения бывают, но не часто [17]. Третья: линейное расположение генов и хромосом.

Следует подчеркнуть простоту перечисленных особенностей механизма ядерной наследственности. Ниже будет показана целесообразность такого строения этого механизма, явившегося конечным результатом длительной эволюции. Эволюция в сторону целесообразного упрощения структуры в филогенезе животных и растений часто встречается. Так, например, движение суставов конечностей высших животных является в основе движением шарнирных механизмов и с механической точки зрения много проще, чем возникшие гораздо раньше сложнее движения червя или амебы.

Перейдем теперь к анализу особенностей ядерной наследственности. Действие отдельной генной мутации может охватывать больше или меньше признаков (быть более или менее плейотропным). Строго говоря, ни одна мутация, видимо, не ограничивается в своем проявлении одним признаком. Однако, как правило, влияние мутаций проявляется резко лишь на одном или на немногих признаках, а на остальных или совсем не сказывается, или сказывается сравнительно слабо.

Чтобы понять биологическую целесообразность такого явления, следует прежде всего учесть, что в подавляющем большинстве мутационные признаки являются вредными. Вопрос этот детально исследован различными авторами (Фишер [26], Малиновский [10]), и, не останавливаясь на нем подробно, мы отметим лишь, что всякий организм в результате длительной эволюции хорошо приспособлен к условиям сво-

его существования, поэтому случайное изменение его свойств может скорее всего нарушить его приспособленность к среде.

При этом, если мутация вызвала изменения сразу нескольких признаков, то в подавляющем большинстве случаев приспособительное значение изменения одних признаков не будет зависеть от значения изменения других признаков [10]. Если мы учтем оба эти условия: 1) преобладание среди вновь возникающих признаков вредных и 2) случайный характер сочетания вредных и полезных признаков, вызываемых одной мутацией (когда она вызывает их несколько), то становится понятным, что для эволюции вида выгоднее, когда мутации затрагивают меньше признаков, так как возрастание числа признаков при каждой мутации влечет за собой связывание полезных признаков с вредными, что приводит особь к гибели. Поэтому можно ожидать, что в процессе борьбы за существование имели преимущество те виды, у которых действие каждой мутации было связано с меньшим числом признаков (поскольку этому не препятствовали противоположные эволюционные тенденции).

Мы не будем останавливаться на анализе взаимодействия мутаций, который по сути сводится к тем же основным положениям, что и анализ плейотропии.

Несколько иначе выглядит вопрос о линейном расположении генов [9].

Линейное расположение генов было установлено первоначально благодаря наблюдению того факта, что некоторые мутации имеют тенденцию передаваться совместно.

Не излагая подробно вопроса, мы постараемся пояснить лишь основное, важное для целей настоящей статьи. Как известно из элементарного курса генетики, наследственные единицы — гены — расположены в хромосомах, обычно продолговатых образованиях, заключенных в ядре. При этом в каждой клетке тела у высших животных и растений каждый вид хромосом представлен двумя экземплярами, из которых один произошел от отцовского организма, другой — от материнского. Каждый ген в нормальном случае занимает всего одно, строго определенное место в хромосоме. Таким образом, каждый ген (как и каждая хромосома) представлен всего двумя экземплярами, из которых один иногда может быть нормальным (например, ген, связанный у дрозофилы с обычным красным цветом глаз), а другой — мутацией этого гена (например, мутацией, обуславливающей белый цвет глаз). Тогда эту структуру изображают как Aa (где a — мутация).

Если какой-то другой ген (например, окраски или формы тела и т. д.) расположен в другой хромосоме, то он передается независимо от первого и вступает в свободные сочетания с ним. Иначе дело обстоит, когда оба гена находятся в одной хромосоме. Так, например, мутантные гены коричневой окраски глаз (*sepia*) и усиленного

развития щетинок на теле (hairy) расположены в одной и той же хромосоме. В этом случае мы не наблюдаем у потомков свободных сочетаний мутаций между собой и с нормальными соответствующими им генами. У внуков этой особи, которая несла в себе эти мутации, они опять окажутся в 99,5 % случаев у одной и той же особи и только в 0,5 % — у разных. Очевидно, что определенный участок хромосомы обычно передается как целое, и вместе с ним передаются эти почти неразлучные мутации. Однако в 0,5 % случаев они разлучаются и впоследствии их трудно объединить. Чем это объясняется? Оказывается, что когда хромосомы обоих родителей попали в одно яйцо и из яйца развился организм, то в дальнейшем, в определенный момент (перед образованием половых клеток), парные хромосомы ложатся рядом и обмениваются соответствующими кусками. Такой обмен может происходить в разных местах хромосомы, но всегда так, что отдельный кусок одной хромосомы заменяется строго соответствующим ему куском другой. После обмена в каждой хромосоме опять остается по одному гену из каждой пары, при этом, однако, гены могут быть уже другие. Например, хромосома, которая несла ген коричневых глаз, может отдать его другой хромосоме и взамен получить парный ему ген обычных для дрозофилы красных глаз. Естественно, что гены, расположенные близко друг от друга, чаще всего остаются или передаются в другую хромосому совместно. Так бывает и с генами, дающими мутации коричневых глаз и усиленного развития щетинок, но если разрыв хромосом все же происходит между ними (в 0,5 % случаев), то одна мутация попадает с обменивающимся куском в другую хромосому, а другая мутация остается в прежней. Понятно, что чем дальше расположены гены друг от друга, тем чаще происходит между ними разрыв и тем более свободно они комбинируются. Частота разрывов и позволила определить взаимное расположение генов и даже составить целые карты хромосом, показывающие расположение генов по одной линии. Впоследствии эти карты были подтверждены микроскопическими наблюдениями разрыва хромосом.

Всякое сцепление генов чрезвычайно невыгодно с эволюционной точки зрения. В самом деле, представим себе, например, что у какого-то вида животных возникли два благоприятных мутационных признака. Что было бы, если бы гены, обуславливающие эти признаки, оказались расположенными очень близко друг к другу в одной хромосоме, причем мутации возникли в разных экземплярах гомологичных между собой хромосом, находящихся у разных особей? Такие признаки лишь с большим трудом могли бы совместно попасть в обе хромосомы к одному животному и закрепиться у него.

Вместо того, чтобы путем комбинирования при скрещивании приобрести оба признака, животные, обладающие одним преимуществом, почти не могли бы получить другого и боролись бы за существование с теми, которые его имеют. Таким образом, распространение одного признака не вело

бы к суммированию его преимуществ с преимуществами другого, а только мешало бы распространению этого другого признака. Но новые полезные признаки обычно возникают порознь у разных особей, причем в обширных видах их может возникать одновременно довольно много. Понятно, что полное или почти полное сцепление генов чрезвычайно мешало бы эволюционному развитию вида.

Однако и совершенно отдельное наследование гена (распадение хромосом на отдельные гены), давая широкие возможности комбинирования, тоже имело бы свои отрицательные стороны. Во-первых, каждая хромосома имеет известный аппарат, обуславливающий правильное распределение хромосом при делении клеток: по одной хромосоме каждого типа в каждую дочернюю клетку (кинетическое тельце и т. д.). Если бы каждый из десятков тысяч генов наследовался отдельно от других, то аппарат клеточного ядра чрезвычайно усложнился бы, что, конечно, могло неблагоприятно отразиться на клетках, а следовательно, и на всем организме в целом. Во-вторых, при образовании половых клеток иногда наблюдаются случаи, когда правильное расхождение хромосом нарушается и в одну половую клетку попадают сразу две хромосомы одного типа, а в другую — ни одной. Известно, однако, что нехватка даже одного гена обычно очень неблагоприятно отзывается на организме. В несколько меньшей степени это относится и к присутствию излишнего гена. Потомство, образовавшееся из таких половых клеток, или сразу гибнет, или оказывается малоприспособленным и в свою очередь дает нарушения при следующем поколении.

Таким образом, если бы каждый из генов наследовался как независимая хромосома, их нерасхождение в процессе мейоза имело бы весьма тяжелые последствия для организма и его потомства; но если нерасхождение наблюдается в определенном проценте случаев даже тогда, когда в ядре имеется немного хромосом, то ясно, насколько чаще оно встречалось бы, если бы таких генов-хромосом были десятки тысяч. Очевидно, что и с этой стороны полная независимость наследования генов была бы крайне невыгодна для вида.

С этой точки зрения линейное расположение генов в хромосоме представляет, по-видимому, наиболее выгодную форму. Вся масса генов разбита на небольшое число групп-хромосом — со всеми преимуществами, которые обеспечиваются таким ограниченным количеством (упрощение аппарата деления, редкость нерасхождения). В то же время связь генов в хромосоме сведена к минимуму. Каждый ген

связан лишь непосредственно с двумя соседними. Вероятность разрывов здесь растет по мере увеличения расстояния. Уже при сравнительно небольших расстояниях между генами сцепление между ними невелико. Практически оно не мешает комбинированию отдельных полезных мутаций. Любая другая форма расположения требовала бы или большего числа связей гена с соседними, или вела бы к уменьшению расстояний, т. е. опять к более тесному сцеплению генов¹⁾. Поэтому отдельные отклонения от обычного расположения генов (не нарушающие, однако, линейного их характера) встречаются сравнительно редко.

Подводя итоги сказанному о рассмотренных сторонах механизма наследственности, можно сделать следующие выводы:

1. Поскольку при изменении условий отдельные характеристики среды могут сочетаться в самых разнообразных комбинациях, постольку в эволюции наиболее совершенным аппаратом приспособления является аппарат, дающий возможность гибкого и свободного создания ответной комбинации признаков организма, соответствующих этим условиям.

2. Рассмотренные особенности ядерной наследственности, создавая взаимную независимость мутационных признаков, обеспечивают возможность их свободного комбинирования.

б) Система элементарных рефлекторных реакций

В процессе эволюции основной движущей силой, создающей новые сочетания признаков, является естественный отбор. Однако и в индивидуальной жизни отдельного животного, где приспособление идет другими путями, но где тоже приходится приспосабливаться к новым, неповторяющимся условиям, основные черты управляющей системы остаются теми же. Они должны обеспечить максимальную подвижность и взаимную независимость отдельных ее звеньев. Здесь снова проявляется корпускулярность.

В этом отношении наиболее ярким примером является расчлененная рефлекторная реакция нервной системы на те или иные новые ситуации, возникающие перед организмом.

Исследуя организм с богатой системой безусловных рефлексов, частью дополненных усовершенствующими их условнорефлекторными реакциями, мы можем отметить, что наряду с какой-то основной линией поведения его существование и поведение обеспечивается огромным количеством отдельных, практически почти независимых друг от друга

¹⁾ Это показано для искусственно созданных кольцевых хромосом.

реакций. На одном и том же фоне может одновременно протекать множество различных реакций, причем многие из них не связаны между собой. Объединяет их лишь одно общее свойство: все воздействия на организм имеют отношение к его существованию, и все реакции должны способствовать сохранению этого существования.

В животном организме общая структура нервных реакций, с их большой взаимной независимостью и способностью к одновременному развертыванию целого ряда отдельных цепей рефлексов в различных направлениях, в значительной степени обусловлена этой потребностью.

Таким образом, мы и здесь (как и в генетических механизмах) имеем систему реакций в значительной степени «корпускулярного» типа. Роль независимых «корпускул» в данном случае играют отдельные реакции или даже их комплексы. Управление этой системы (если не вмешиваются более сложные интегрирующие механизмы нервной системы) заключается в целесообразном регулировании каждой отдельной рефлекторной цепи, с известной независимостью цепей друг от друга. Таким образом, наиболее простое комбинирование этих реакций основано, с одной стороны, на целесообразном характере каждой из них в соответствии с вызывающим ее условием²⁾, а с другой стороны — на свободном сочетании таких реакций. В результате любая новая комбинация условий вызывает ответную комбинацию реакций, обеспечивающую приспособление организма к сложной среде.

Однако дело этим не ограничивается. И в объединении реакций в единое целое, протекающем на более высоком уровне поведения, расчлененность отдельных реакций дает возможность высшим центрам производить отбор и комбинирование их в соответствии с более сложными задачами организма. Сюда относятся все формы высшей нервной деятельности, начиная от простейших условнорефлекторных комбинаций и кончая самыми сложными процессами поведения.

В подтверждение этого можно привести онтогенетическую эволюцию рефлекторных реакций у амфибий. Раннюю нерасчлененную форму поведения личинок амблистом наблюдал Дж. Э. Когхилл [4]. Этот автор установил, что на ранней стадии развития у переходящих к самостоятельной жизни личинок амфибий нельзя наблюдать отдельных элементарных рефлексов. Первичной, по Когхиллу, является целостная реакция, вначале сводящаяся к простому изгибу

²⁾ Конечно, целесообразность выработана ранее в процессе естественного отбора.

тела, а позже усложняющаяся и превращающаяся в сложные плавательные движения. Здесь звенья реакции связаны между собой, и нельзя выделить отдельные элементарные реакции. На более высоких ступенях развития амблистомы происходит уже видимое расчленение этих реакций на отдельные рефлексы. Когда задачи, стоящие перед животными, становятся сложнее, тогда выявляется неспособность первичного, нерасчлененного поведения к прямой перестройке в соответствии с условиями. Только отдельные дробные реакции оказываются подходящим материалом для построения более высоких форм нервной деятельности. В результате эволюционного процесса примитивные недифференцированные формы поведения животного заменяются более гибкими, дискретными формами. Еще большая гибкость достигается при развитии условнорефлекторных аппаратов, где любой исполнительный механизм может сочетаться с любым индифферентным раздражителем или даже с той или иной комбинацией раздражителей³⁾.

Таким образом, *основной формой приспособления к неопределенной, различным образом изменяющейся среде является дискретность, раздробленность и способность к созданию свободных комбинаций тех единиц, за счет которых осуществляется приспособление к среде.* Эта тенденция всегда существует в живых организмах и прогрессирует в процессе естественного отбора. Но развитию этой тенденции постоянно противостоят два фактора: 1) ограниченные возможности изменения живых структур, обусловленные их физико-химическим строением, и 2) противоположная тенденция к созданию определенных полезных связей, которые

³⁾ Дж. Э. Когхилл находит, что и в дальнейшем развитии поведения действуют те же закономерности: хотя поведение животного дифференцируется, но распадение на отдельные реакции и рефлексы является лишь видимым; даже в местной реакции участвует вся нервная система в целом. Остальные части реакции не проявляются и недоступны нашему прямому наблюдению. Отмечая аналогию описанной картины с развитием поведения высших животных до человека включительно, Дж. Э. Когхилл делает вывод, что ошибаются те психологи (и физиологи), которые исходят в своих представлениях о поведении из наличия отдельной реакции или рефлекса. Как мы говорили выше, выделение расчлененных реакций действительно может иметь вторичный характер, и можно допустить, что отдельные рефлекторные реакции являются уже вторичным результатом торможения более обширной реакции организма. Однако с точки зрения поведения нам важно, что при столкновении со средой животное способно действовать именно путем вычленения таких практически отдельных реакций. В этом отношении представление о рефлексе, как элементарной и универсальной единице поведения, сохраняет полную силу, и данные Когхилла, вопреки его мнению, только подтверждают представления И. П. Павлова.

обеспечивают организму в каждый данный момент наиболее полное и экономное приспособление к той сравнительно устойчивой среде, в которой он в настоящее время находится (включая и внутреннюю среду самого организма).

Так, например, известно, что при развитии глаза у амфибий выделившийся из зачатка нервной системы зачаток будущей сетчатки глаза («глазной бокал») так влияет на расположенные рядом клетки наружного слоя зародыша, что последние образуют утолщение, превращающееся в дальнейшем в хрусталик. При пересадке глазного бокала в другое место зародыша он и там может вызвать («индуцировать») образование хрусталика. В свою очередь получившаяся система (бокал-хрусталик) влияет на развитие других, позднее развивающихся частей глаза, и постепенно создается целая цепь зависимостей $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F$ и т. д.

Нетрудно видеть, что такая цепь связей в значительной степени ограничивает возможности эволюции организма. Мутация, даже дающая полезные изменения ранних звеньев — A или B , — имеет много шансов как-то отразиться и на дальнейших звеньях C , D , E или F , а такие дополнительные изменения, как правило, окажутся скорее вредными, чем полезными. Но этим будет обесценена и польза, приносимая мутацией в первом звене. В результате полезными могут быть чаще всего только те мутации, которые затрагивают последнее звено. И, действительно, именно эти звенья и могут легче всего эволюционировать, изменяясь и надставляясь новыми звеньями. Так, в значительной степени и представлял себе ход эволюции академик А. Н. Северцов [16]. С этой точки зрения легко объяснить огромный консерватизм ранних эмбриональных стадий развития, которые могут быть очень сходны у видов, уже давно разошедшихся в процессе эволюции: последняя шла у них в основном за счет изменений и надставок поздних стадий, а мутации, затрагивавшие ранние стадии, не были благоприятны и не закреплялись. Поэтому ранние стадии сохранились до настоящего времени со сравнительно малыми изменениями по сравнению с той эпохой, когда разошедшиеся виды были еще близки друг другу (см. И. И. Шмальгаузен [23] и др.).

3. Приспособление к постоянным условиям или правильной смене условий

Что же вынуждает организм к созданию связей, упомянутых нами в примере с индукцией хрусталика глазным бокалом? В данном случае, очевидно, помимо ряда других причин,

для организма весьма ценно то, что такой зависимостью автоматически создается соответствие в расположении сетчатки и хрусталика: хрусталик развивается прямо перед сетчаткой, как это необходимо для их совместного функционирования. Хотя такая связь, вероятно, в известной мере ограничивает возможность эволюции, однако она является столь ценной для каждого организма, что приносимая ею польза более важна, чем некоторое снижение эволюционной гибкости вида.

Таким образом, эволюционные интересы вида в известной степени приходят в противоречие с ценностью приспособительных связей для каждого индивида в каждый данный момент, и естественный отбор ведет к созданию некоторого среднего оптимального положения, где интересы вида в целом (т. е. потенциальная эволюционная гибкость) и интересы индивида (т. е. механизмы, обеспечивающие координацию частей и приспособленность особи в любой данный момент) взаимно ограничивают и уравнивают друг друга.

Как же идет эта эволюция связей и каковы оптимальные их формы? Рассмотрим конкретный пример подобной эволюции.

На Больших Зондских островах на плоских берегах, то далеко заливаемых приливом, то обнажающихся при отливах, оказалась чрезвычайно благоприятная обстановка для постепенного выхода водных организмов на сушу, и целый ряд морских животных в различной степени приспособился к новым полусухопутным условиям.

В числе других наиболее приспособились к сухопутным условиям два родственных между собою рода рыб из семейства Gobiidae: *Voleophthalmus* и *Periophthalmus*. Эти рыбы приобрели целую группу признаков, способствующих сухопутной жизни: своеобразные роговые «очки», прикрывающие глаза, дыхательные мешки, соединенные с носовой и жаберной полостью, и перепонки, предохраняющие жабры. При этом глаза в значительной степени переместились на верхнюю поверхность головы, так как на земле именно сверху надо ожидать и мелкой добычи в виде насекомых и нападения возможных врагов. Плавники удлинились и дали возможность рыбе передвигаться, отталкиваясь от земли. Изменились и внешние покровы и ряд других признаков. В личиночном состоянии рыбки эти живут в воде, обладают обычным для рыб расположением глаз и рядом других аналогичных признаков, а затем происходит превращение, изменяющее их внешний облик и делающее их более сухопутными, чем водными животными. В опытах [27] *Periophthalmus* могли жить на суше во влажной атмосфере несколько суток,

а погруженные в воду погибали уже нередко через 30 минут. Оказалось, что выход на сушу можно ускорить путем стимуляции рыбок гормоном щитовидной железы. При этом и у *Periophthalmus* и у *Voleophthalmus* происходило известное изменение покровов. Однако другие признаки реагировали на гормон щитовидной железы уже неодинаково: в то время как у *Periophthalmus* они в основном также изменялись в сторону приспособления к сухопутной жизни, в *Voleophthalmus* значительная часть из них под влиянием гормона щитовидной железы не прогрессировала в этом отношении.

Из изложенного ясно, что большинство признаков, связанных с жизнью на суше, принципиально может развиваться, не испытывая необходимости в усиленном снабжении гормоном щитовидной железы. Однако такая самостоятельность развития этих признаков имеет свои недостатки: не связанные единым сигналом, эти признаки в отдельных случаях могут развиваться в разнобой; например, в то время как изменение покровов и поведения уже делает желательным переход на сушу, развитие глаз и плавников может быть еще не таково, чтобы обеспечить этот переход. Может быть и обратное. Главное, такой разнобой, не приспособив животных достаточно к новой среде, может сделать их маложизнеспособными и в прежней. В этом случае становится чрезвычайно важным, чтобы момент превращения управлялся для всех этих признаков одним сигналом. Таким сигналом становится у *Periophthalmus* усиление функций щитовидной железы. Совершенно аналогичную картину эволюции (конечно, давно уже завершенную) мы имеем и у амфибий⁴⁾.

В случае *Periophthalmus* мы можем определить эволюцию связей, как объединение признаков, имеющих сходное приспособительное значение (содействие выходу на сушу), вокруг одного сигнала — усиления продукции гормона щитовидной железы.

Приведем еще ряд примеров подчинения однородных приспособительных признаков одному сигналу.

Гормоны целого ряда желез внутренней секреции, несомненно, имеют значение сигнала, управляющего изменениями, играющими в организме сходную роль в приспособлении. Так, адреналин, имеющий действие, сходное с дей-

⁴⁾ Интересно, что это далеко не единственный случай, когда органы, которые вполне могут развиваться при разных условиях, начинают развиваться лишь при одном определенном условии, как бы подчиняясь его сигнализации. В виде примера можно привести рога оленей, которые у одних видов развиваются у всех особей, а у других — только у самцов, при наличии мужского полового гормона.

ствием симпатической нервной системы (т. е. являющийся симпатомиметическим веществом), в надлежащей концентрации мобилизует к максимальному действию (например, см.: [6, 14, 29, 15]). Он усиливает деятельность сердца, работоспособность мышц, остроту восприятия некоторых органов чувств и тонус центральной нервной системы, повышает содержание сахара в крови, перераспределяет кровь и, наконец, даже повышает фагоцитарную активность лейкоцитов.

Точно так же половой гормон одновременно стимулирует развитие целого ряда вторичных половых признаков и специфического поведения, обеспечивая таким образом координированное появление всех этих особенностей, необходимых животному для выполнения его роли в размножении. Ростовой гормон гипофиза, действуя на рост различных органов с определенной неравномерностью, способствует тому изменению пропорций, которое необходимо, например, у человека при переходе от новорожденного с его слабо развитыми конечностями и лицевой частью черепа к взрослому организму с длинными сильными конечностями и развитым жевательным аппаратом.

Для более полного представления о координирующем значении гормональных систем полезно сопоставить их с системами признаков, зависящими от витаминов. Здесь нетрудно увидеть глубокие различия гормонов от витаминов, с которыми их так часто сравнивают. При авитаминозах выявляется влияние витаминов на функции, имеющие между собой мало общего. Так, витамин А влияет на сумеречное зрение, на роговицу глаза, на сопротивляемость организма инфекции и на общий рост тела [5]. Авитаминоз D сказывается на росте костей, на функции кишечника и на высшей нервной деятельности у человека, вызывая иногда так называемую рахитофрению [12]. Одним словом, гормоны, иногда и не будучи необходимыми для развития определенных признаков, приобретают влияние на них, управляя моментом их появления, если эти признаки входят в единый приспособительный комплекс, связанный с данной железой. Напротив витамины, по-видимому, отзываются только на тех признаках, которые никак не могут развиваться без них, но которые хотя и зависят от одного витамина, однако имеют приспособительное значение в совершенно иной плоскости. В целом, в то время как витамины являются лишь необходимым материалом или условием для ряда важных реакций, гормоны являются организующими центрами, связывающими в ряде случаев однородные приспособительные функции.

Указанное различие связано и с другим. В большинстве случаев гормоны при избытке их сразу вызывают в организме

целый ряд нарушений, противоположных нарушениям при недостатке этих гормонов. Напротив, избыток витаминов в большинстве случаев долго не сказывается на нормальном организме, и только огромные дозы их могут вызвать расстройство физиологических функций.

Это — следствие различной эволюции отношения тканей к витаминам и гормонам. Гормоны вырабатываются самим организмом, и их количество легко может быть сокращено. Поэтому избыток их не угрожает организму, и последний не должен быть приспособлен к компетенции его. С другой стороны, изменившиеся условия могут сделать даже желательным изменение состояния организма путем усиления продукции гормона. Чтобы гормоны могли быть орудием регуляции функций организма, они должны быть активными как при понижении их содержания в организме, так и при повышении.

Напротив, витамины такой организующей роли не играют. Кроме того, они вводятся извне с пищей, и если их содержание в пище велико, то всегда имеется опасность, что они будут введены в организм в избытке. Если бы такой избыток мог нарушать функции организма, мы постоянно встречались бы с заболеваниями организма на почве даже небольшого гипервитаминоза. Поэтому организму приходилось приспособливаться, противодействуя этим нарушениям либо путем выделения избытка витамина, либо путем его разрушения, либо путем откладывания его в качестве запасного питательного вещества, либо, наконец, просто путем ослабления реакции на избыток витамина.

Специфика действия гормонов, в отличие от локально действующей нервной системы и от эмбриональных факторов типа «индикатора», состоит в том, что гормоны, одинаково проникая во все части организма, не могут порождать различия в прежде одинаковых органах и тканях. Роль гормонов сводится к тому, чтобы на основе имеющихся уже особенностей вызвать в организме целый ряд координированных изменений. Так вызывается половое созревание у высших животных, так вызывается одновременное превращение различных органов личинки при перестройке ее во взрослое животное, так происходит одновременная мобилизация всех функций организма во время опасности и т. д. При этом гормоны являются прекрасным примером выработки оптимальной формы управления. Связь органов и функций, как мы говорили, должна быть, с одной стороны, прочной, а, с другой стороны, изменение в одном звене должно возможно меньше затрагиваться другие звенья, так как иначе эволюция последних была бы задержана.

Цепная связь типа $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F$ и т. д., как мы видели, почти исключает возможность эволюции первых звеньев, так как она обычно неблагоприятно сказывается на последующих звеньях.

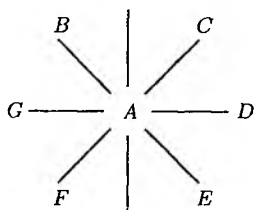


Рис. 1.

В гормональных системах осуществляется, как правило, другая, более совершенная форма связи — форма, которую можно назвать звездно-лучевой (рис. 1). В этой форме центральное звено — гормон — (А) одновременно связано с целой группой признаков (В, С, D, E, F, G и т. д.), зависящих от него, но не зависящих непосредственно друг от друга. При

этом достигается весьма тесная связь всех «лучей» этой звезды между собой: все они связаны друг с другом только через одно звено. В то же время, являясь конечным звеном, от которого не зависит остальная часть цепи, каждый «луч» может эволюционировать и даже исчезать, почти не отразившись на остальных, сильно коррелированных с ним признаках. Напротив, сам гормон может эволюционировать только с большим трудом, так как его изменения, даже полезные сами по себе, могли бы неблагоприятно отразиться на целом ряде зависящих от него признаков организма. И действительно, мы наблюдаем, в отличие от других признаков организма, огромную эволюционную устойчивость гормонов. Это сказывается, например, в том, что гормоны млекопитающих, как правило, оказывают на рыб, амфибий или птиц то же действие, как и соответствующие гормоны их собственных желез.

Особенно часто возникает координация в управлении многими признаками при повторяющемся переходе организмов из одних условий существования в другие. Постоянно повторяющиеся комбинации условий, которые ведут к возникновению прочных связей, аналогичных рассмотренным, могут встречаться и однократно и многократно при жизни одной особи и только один раз за несколько поколений. Так, перестройка организма и мобилизация его функций при приспособлении к опасности может происходить несколько раз в день. Приспособление к определенным сезонным изменениям происходит раз в год. Переход у амфибий и сухопутных рыб от жизни в водной среде к жизни в воздушной среде и связанный с ним метаморфоз происходит раз в жизни животного, так же, как и переход от бесполого существования растущего организма к созревшей в половом отношении взро-

слой форме. Здесь бросается в глаза большая аналогия превращений у выходящих на сушу амфибий и у ряда насекомых, у которых происходит метаморфоз, превращающий личинку во взрослую форму. Здесь также происходит многообразное, но повторяющееся из поколения в поколение изменение условий жизни, а часто и среды, с которой они связаны, например, водное или наземное существование личинок может сменяться переходом к условиям жизни взрослой летающей формы. При этом оказывается, что у насекомых, развивающихся независимо от позвоночных, выработались другие, но принципиально сходные гормональные системы, управляющие явлениями метаморфоза и другими функциями организма. Это указывает на общие закономерности, приводящие именно к такой форме корреляционных связей.

Наконец, в ряде случаев мы наблюдаем чередование поколений, размножающихся партеногенетическим путем и поколений с половым размножением (например, у тлей [19]). В других случаях, в частности у растений, имеется несколько возможных форм развития в зависимости от того, попало ли растение на сушу или в воду (например, *Ranunculus multifidus* и пр.), попало ли оно в условия высокогорья или в долину и т. д. Здесь мы видим те же устойчивые формы перестройки организма, происходящие уже не у определенной особи, а раз в несколько поколений, но позволяющие также предполагать достаточно прочную связь признаков между собою, осуществляющуюся, по-видимому, путями, сходными с разобранными выше.

Все описанные виды корреляций создаются путем установления физиологических связей между признаками, ранее не связанными между собой непосредственно и обладавшими той или иной степенью независимости. Но, как мы указывали выше, и независимость отдельных признаков далеко не всегда возникает первично. Она часто является продуктом эволюции и раздробления тех связей между признаками, которые возникли вне приспособления, как наиболее простое и вероятное следствие прежних процессов развития и жизнедеятельности. В других случаях эти связи когда-то имели приспособительное значение, но впоследствии, при перемене условий, утратили его и стали уже лишь тормозом в дальнейшей эволюции и приспособлении организма к новой обстановке.

Как в индивидуальном развитии, так и в эволюции мы наблюдаем возрастающую дифференциацию, разрыв прежних связей и выделение новых (или старых) самостоятельных единиц, способных к более свободному комбинированию. В индивидуальном развитии мы видели отчетливый пример

этого на дифференциации рефлекторных реакций из первоначально слитных форм реакций [4]. То же мы видим в дифференциации тканей и их функций, эволюционное развитие которых было изучено А. А. Заварзиным [3]. Дальнейшая эволюция может создать у многих из них способность более или менее независимо от других признаков приспособительно изменяться при переходе в новую среду или в другие условия существования. Возможно, что подобный случай мы видели на примере *Voleophthalmus*, где переход к полусухопутному образу жизни связан с изменением целой группы признаков (так же, как и у *Periophthalmus*), но прямой причины, непосредственно координирующей их изменение, обнаружено не было. В дальнейшем, однако, параллельное изменение ряда признаков легко подчиняется одному координирующему центру (в случае *Periophthalmus* — щитовидной железе), который максимально обуславливает одновременность изменений и их надежность.

Таким образом, полная схема эволюции в этих случаях должна выглядеть так:

- а) Вынужденная связь комплекса признаков (являющаяся побочным следствием сравнительно примитивных процессов развития или оставшаяся от предыдущих этапов эволюции), в значительной степени неадекватная требованиям приспособления.
- б) Расчленение в эволюции всего комплекса на отдельные независимые признаки.
- в) Создание под влиянием отбора приспособительных изменений целого комплекса признаков, не связанных еще непосредственной физиологической связью («историческая» или отдаленная физиологическая корреляция через самостоятельную реакцию каждого признака).
- г) Закрепление ее путем создания прямых физиологических связей (физиологическая корреляция).

Подобный ход эволюции характерен для признаков, приспособляющих организм к устойчиво существующим или постоянно повторяющимся условиям. При этом легко возникает цепная форма связи, отражающая последовательность возникновения органов или признаков во времени. Однако эта форма, создавая систему, необходимую для одних определенных условий, резко ограничивает эволюционную гибкость данной системы в дальнейшем. Более совершенной формой является «звездно-лучевая», обеспечивающая и прочность связей признаков у отдельного организма, и возможность дальнейшей эволюции системы.

4. Приспособительное значение некоторых типов систем с обратными связями

а) Процессы стабилизации функций

Как мы указали во введении, Н. А. Беловым и М. М. Завадовским было выяснено, что очень многие механизмы регуляции в организме обеспечиваются благодаря особым системам с обратной связью, которые М. М. Завадовский условно назвал типом «плюс-минус взаимодействия» (отрицательные обратные связи). В этих системах первый орган (или функция) стимулирует второй, а второй угнетает первый. Такие системы М. М. Завадовский изображает схемой $A \overset{+}{\rightleftarrows} B$, означающей, что A стимулирует B , а B угнетает A . В качестве типичного примера такой связи приводится, например, взаимная зависимость половой железы и гипофиза. Гипофиз (мозговой придаток) стимулирует рост и функцию половой железы, а половая железа — угнетает функцию мозгового придатка. В результате всякий толчок, усиливающий работу половой железы, угнетает действие гипофиза, а половая железа при меньшей стимуляции со стороны гипофиза вновь снижает свою функцию, возвращаясь к прежнему состоянию. М. М. Завадовский экспериментально установил, что у петухов гребень, развитие которого стимулируется половой железой, угнетает функцию половой железы, и если срезать гребень, то размеры половой железы увеличиваются. Н. А. Белов и М. М. Завадовский показали, что аналогичными механизмами «плюс—минус взаимодействия» можно объяснить и регуляцию сахара в крови и явления компенсации, когда, например, при утрате одной почки другая частично берет на себя работу, ранее выполняющуюся потерянным органом. Формально этот же механизм можно приписать самым различным приспособлениям к внешним условиям, которые уравнивают их вредные влияния. Так, избыток солнечных лучей стимулирует развитие пигмента в коже, который препятствует проникновению лучей в глубокие слои наружных покровов. Аналогично можно рассматривать взаимодействие патогенного микроорганизма и антител, образующихся под его влиянием и угнетающих его деятельность и т. д. Обширные материалы по взаимодействию органов и функций внутри организма дают достаточно оснований, чтобы, обобщив их, прийти к заключению о широком распространении и большом значении указанного типа связей в жизни организма, в частности в регуляции

различных функций и сохранении их на определенном уровне. Таким образом, наличие обратных отрицательных связей способствует сохранению в организме устойчивого режима.

б) Процессы прогрессирующего нарастания и дифференциации

Для процессов развития организма характерны иные типы связей. В [11] было указано, что здесь основную роль играют положительные обратные связи. Так, усиленное развитие матки во время беременности, стимулированное влияниями, идущими со стороны плода, отнюдь не стремится к какому-либо равновесию, а идет нарастая, пока акт родов не нарушит эту связь. И действительно, матка в свою очередь стимулирует рост плода, и мы имеем здесь взаимно усиливающееся взаимодействие, т. е. положительную обратную связь или, выражаясь аналогично термину М. М. Завадовского, связь по типу «плюс—плюс» $A \xrightarrow{+} B$. Другой пример представляет собой так называемая ассимилятивная индукция, наблюдающаяся у некоторых тканей на ранних стадиях эмбрионального развития [20]. Представим себе, что в окружение некоторой ткани посажен небольшой участок другой, родственной ей и происходящей из того же источника. В этом случае форма, представленная более обширным участком, по-видимому, какими-то веществами, выделяемыми ею, может изменить развитие подсаженного к ней «меньшинства» клеток (выделяющих меньше специфических для них веществ) и повернуть это развитие в свою сторону, так сказать, «ассимилировать» их. Иначе говоря, клетки определенной структуры выделяют соответственные вещества, а последние в свою очередь способствуют образованию клеток такой же структуры из других клеток. Аналогичное явление, хотя и не доходящее до полного завершения, наблюдается при особых условиях, когда у коровы имеются в матке два теленка-близнеца разного пола, если между ними устанавливается частичная связь через кровообращение. В этом случае у самца мужская железа сохраняется нормальной, а у самки женская частично передифференцируется в мужскую. Здесь клетки железы мужского типа выделяют гормон, который стимулирует развитие таких же структур в клетках, их не имеющих (женской половой железы). Еще более яркий случай обнаружен В. Данчаковой [25], которая, вводя в куриные яйца фолликулин (женский половой гормон), добилась превращения петушков в кур (женская половая железа $\xrightarrow{+}$ фолликулин). Это

явление чрезвычайно интересно и, видимо, имеет глубокие эволюционные корни.

Витчи [24], сшивая попарно самца и самку тритона боками, обнаружил, что их половые железы взаимно угнетают друг друга ($A \rightleftharpoons B$), но дело почти всегда кончается «победой» мужской половой железы — ее восстановлением и дальнейшим угнетением женской половой железы. Здесь, очевидно, имеется механизм, предохраняющий от возможности гермафродитизма известные виды, где определение пола частично зависит от внешних условий (как это обнаружено, например, у некоторых лягушек); взаимное угнетение двух желез ведет вследствие случайных отклонений к нарушению их равновесия. В этом случае менее угнетаемая железа, продолжая подавлять противоположную форму, сама в достаточной степени освобождается от давления и восстанавливается, уже совершенно без конкуренции противоположного пола. Этот тип ($A \rightleftharpoons B$) создает неустойчивое равновесие, нарушение которого, раз начавшись, идет до конца.

Следует заметить, что взаимодействие и типа $A \overset{+}{\rightleftharpoons} B$ и типа $A \overset{-}{\rightleftharpoons} B$ можно с равным правом назвать положительной обратной связью. Заменяя, например, B на $(-B)$, мы во втором случае также получим соотношение типа положительной стимуляции: $A \overset{+}{\rightleftharpoons} (-B)$. В обоих случаях изменения звена A будут иметь сходный характер. Если принять простейшие предпосылки, то с определенного момента A будет или только нарастать, насколько позволят условия организма, в которых находится A (это будет после вступления системы A и B в зону $+A, +B$), или только убывать (в зоне $-A, -B$, рис. 2).

Однако в биологических системах взаимодействия типов $A \overset{+}{\rightleftharpoons} B$ и $A \overset{-}{\rightleftharpoons} B$ все же иногда удобнее и правильнее рассматривать как различные. Действительно, если A и B — определенные органы, то их взаимная стимуляция обычно связана с развитием организма и при нормальных условиях нарастание обоих звеньев может быть обязательным, всегда однотипным этапом этого развития. Иначе обстоит дело с взаимным угнетением двух органов. На примере взаимного угнетения мужской и женской половой железы мы видим, что для организма одинаково возможны оба состояния: и преобладание мужского начала, и преобладание женского. Иначе говоря, в отличие от типичных «плюс—плюс» систем,

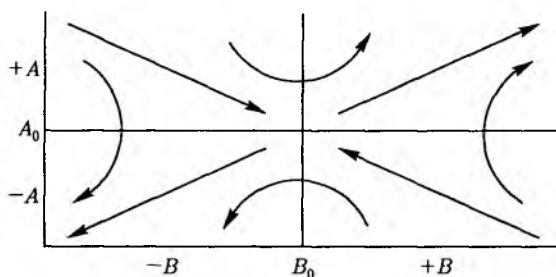


Рис. 2. A_0 — уровень A , при котором B не меняется; ниже A_0 (т. е. при A) стимуляция B со стороны A настолько мала, что B уменьшается; выше A_0 (при $+A$) стимуляция достаточна для нарастания B . Аналогичные значения в отношении A имеют $B_0, -B, +B$

в этих случаях, во-первых, допустимо развитие системы (A, B) в любом из двух направлений, и, во-вторых, важно не абсолютное увеличение развития обоих звеньев, а их взаимоотношение в системе. Аналогичным образом можно объяснить явление возникновения и устойчивости так называемых градиентных систем (см. [22, 20]).

«...Если какое-либо животное из низших, например, планарию, — пишут Дж. Хаксли и Г. де Бер [20], — разрезать на два кусочка поперечно, то обычно передний кусочек из своего заднего конца образует хвост, а задний из своего переднего конца — голову. Но если поперечный разрез сделать немного дальше назад по длине тела, то те клетки, которые в предыдущем эксперименте принадлежали к заднему кусочку и регенерировали голову, теперь будут принадлежать к переднему куску и регенерировать хвост. Следовательно, качество возникающего образования не может зависеть от локализации специфического клеточного материала или вещества, так как в таком случае нельзя было бы понять, каким образом из одинаковых тканей в одном случае может образоваться голова, а в другом — хвост». Рядом специальных исследований, главным образом Чайльда, было установлено, что в подобных случаях имеется «градиент» — постепенное убывание ряда физиологических показателей вдоль тела животного, обычно от головы к хвосту. При разрезе голову образует область с наиболее высоким в данном кусочке уровнем физиологических процессов, а хвост — с наиболее низким. При этом выяснилось, что область с наиболее высоким уровнем (головная, в данном случае), как правило, угнетает другие области («доминирует» над ними) и препятствует им подняться до такого же уровня, какой имеет она. В результате они достигают этого уровня лишь

после удаления такой доминирующей части. Поэтому после удаления головы (доминирующей части) остающаяся область с наиболее высоким из оставшихся уровнем физиологических показателей не угнетается уже более ничем и сама достигает наиболее высокого возможного уровня, а потому при регенерации тоже может образовать голову.

Экспериментально было показано, однако, что и там, где одна зона (аналогично головной у планарии) угнетает другие, принципиально в ряде случаев можно переопределить эти зоны, насильственно приведя их сильным воздействием к обратному положению. В тех случаях, когда градиентная система еще не определилась, — а это бывает в начале развития таких систем, — она возникает под влиянием столь слабых воздействий, что создается впечатление, будто их действие заключалось лишь в нарушении неустойчивого равновесия (типа $A \rightleftharpoons B$), а дальнейшее нарастание различий идет уже автоматически⁵⁾. По-видимому, многие процессы дифференцировки тканей могут быть объяснены таким же путем. Возможно, что и процессы «канализации» Уоддингтона [18] должны быть объяснены с этой же точки зрения.

в) Альтернативная смена состояний

Особая форма взаимодействий наблюдается в процессах, которые можно назвать альтернативными.

Мы можем наблюдать процессы, нормально протекающие в двух резко разграниченных формах. Такова, например, смена сна и бодрствования. У высших животных мы наблюдаем регулярную смену этих состояний. При этом, какой бы гипотезы ни придерживаться относительно самого механизма сна, остается несомненным, что физиологические предпосылки для сна (утомление высших отделов нервной системы) существуют во второй половине бодрствования в большей мере, чем во второй половине сна. В самом деле, с каждым часом бодрствования степень утомления нервной системы возрастает. Здесь не важна точная зависимость этого нарастания от времени. Важно лишь, что нарастание утомления идет монотонно. Точно также во время сна идет более или менее монотонное снижение утомления до самого прекращения сна. Но если это так, то совершенно ясно, что в какой-нибудь момент к концу дня утомление нервных клеток должно быть значительно выше, чем в конце сна, под утро. И тем

⁵⁾ Здесь можно говорить о «пусковом механизме», но особого рода, где и направление действия этого пускового механизма зависит от направления исходного толчка.

не менее в конце дня еще продолжается бодрствование, а в конце ночи — сон. Значит, дело не только в самих предпосылках, но и в каком-то физиологическом механизме, который, раз он пущен в ход, доводит процесс бодрствования до определенного предела, после которого пускается в ход такой же относительно устойчивый механизм сна.

Подобных механизмов в организме имеется целый ряд. Как на наиболее простой пример, можно указать хотя бы на процесс накопления мочи и ее удаления. Этот процесс протекает совершенно по тому же типу, как и смена сна и бодрствования, с тем только отличием, что степень утомления нервной системы заменяется степенью наполнения мочевого пузыря, а бодрствование и сон — периодами накопления мочи и мочеиспусканием. Приспособительный смысл подобного альтернативного хода процессов совершенно ясен. Необходимость слишком частой смены сна и бодрствования ставила бы животных в невыгодное положение. Тем более было бы невыгодно промежуточное состояние неполного торможения нервных процессов (реально встречающееся при некоторых патологических состояниях). То же касается и мочеиспускания:

и непрерывное вытекание мочи и просто слишком частое мочеиспускание представляли бы ряд неудобств для приспособления организма к условиям его существования.

Как же осуществляется регуляция таких альтернативных процессов? Наиболее ясен случай периодического накопления и удаления мочи. Мы оставим пока в стороне случай сознательного регулирования мочеиспускания, обычный у взрослых (хотя и здесь, за редкими исключениями особенно длительных волевых задержек⁶⁾), прямая регуляция происходит в довольно узких пределах. Рассмотрим случай автоматической регуляции накопления и опорожнения пузыря. Он наблюдается у детей в раннем возрасте и у взрослых животных после перерезки спинного мозга выше поясничной области. В последнем случае, после снятия первоначального шокового состояния, устанавливается определенный ритм, также связанный с более или менее длительным накоплением мочи и затем полным опорожнением пузыря (Гольц, цит. по [7]). При этом известно, что переход к мочеиспусканию связан не с механическим преодолением сфинктера, запирающего мочевой пузырь, но вызывается рефлекторно путем раздражения растягивающейся слизистой и вызванным этим

⁶⁾ Возможна и несознательная регуляция со стороны коры головного мозга — путем изменения местной реактивности и т. д.

раздражением (через центр спинного мозга) сокращением пузыря и расслаблением сфинктера.

Очевидно, одно из двух чередующихся состояний не требует специального объяснения. Затруднение возникает только при объяснении относительно устойчивой смены первого состояния вторым состоянием. Так, например, накопление мочи при закрытом сфинктере протекает совершенно естественно за счет поступления мочи из почек. Известная степень наполнения приводит к тому растяжению слизистой, которое вызывает раздражение, уже превосходящее определенный порог. Наступившее «сверхпороговое» раздражение приводит к сокращению пузыря и расслаблению сфинктера. Когда часть мочи уже вытекла и тем самым «сверхпороговое» растяжение слизистой снято, процесс, казалось бы, мог прекратиться, а он продолжается до полного опорожнения пузыря. Такой характер процесса не может быть отнесен за счет простой длительности мышечного сокращения (тем более, что и она требует объяснения): произвольно, хотя и с усилием, вполне можно остановить неоконченное мочеиспускание, и позывы в большинстве случаев прекращаются значительно раньше, чем кончился бы нормальный процесс. То же еще отчетливее наблюдается и в отношении сна: если прервали сон, то уже легко сравнительно длительно сохранять бодрствование, иногда буквально после получасового сна.

Указания на механизм, поддерживающий процесс, дает изучение некоторых конкретных отношений. Оказывается, что тонус мускулатуры пузыря может подвергаться рефлекторному действию со стороны всех центростремительных нервов (за исключением п. *vagus*). Рефлекторная чувствительность пузыря оказывается в соответствующих местах чрезвычайно большой; слабые раздражения, которые еще не влияют на кровяное давление, могут вызвать энергичное сокращение пузыря. Как уже упомянуто выше, раздражение других чувствительных нервов может также вызвать сокращение пузыря, причем и это происходит при посредстве центральных аппаратов в нижней части спинного мозга. Этим объясняется, почему щекотка, согревание коленной области во сне может вызвать мочеиспускание [7].

В этих условиях совершенно ясно, что механизм поддержания процесса может быть очень прост. Как известно, небольшое раздражение уретры (мочеиспускательного канала) может вызвать позывы на мочеиспускание (чрезвычайно сильное раздражение иногда препятствует им). Это показывает, что центростремительные волокна, идущие от уретры, не являются исключением и тоже способствуют сокращению пузыря и расслаблению сфинктера. Если это так, то

полное опорожнение пузыря обеспечивается совершенно автоматически: начавшееся мочеиспускание раздражает уретру, это в свою очередь стимулирует мочеиспускание и так до тех пор, пока полное опорожнение пузыря не сделает дальнейшее мочеиспускание невозможным. В связи с этим раздражение уретры прекращается, и весь нервно-мышечный аппарат приходит в спокойное состояние. Возможно, что наряду с раздражением уретры быстрый переход слизистого пузыря из растянутого состояния к нормальному также дает раздражение, достаточное для стимуляции дальнейшего сокращения пузыря. Таким образом, весь ход процесса можно иллюстрировать схемой: сверхпороговое наполнение пузыря — первое раздражение слизистой — «запальная» порция мочи при мочеиспускании — раздражение уретры — мочеиспускание — раздражение уретры и т. д. (рис. 3). Когда после полного опорожнения среднее звено (мочеиспускание) неизбежно выпадает, прекращается и вызываемое им раздражение уретры и, следовательно, возбуждение всего аппарата. В более полной форме процесс может быть представлен схемой на рис. 4, где весь механизм распадается на две системы обратных связей: одну (наполнение — мочеиспускание), дающую колебания вокруг среднего состояния по типу «плюс—минус», и другую (мочеиспускание — раздражение уретры), усиливающую эти колебания по типу «плюс—плюс» и доводящую раз начавшийся процесс (наполнение или опорожнение) до полного завершения.

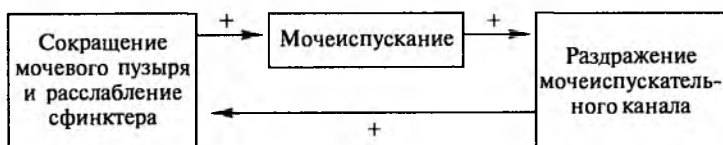


Рис. 3.

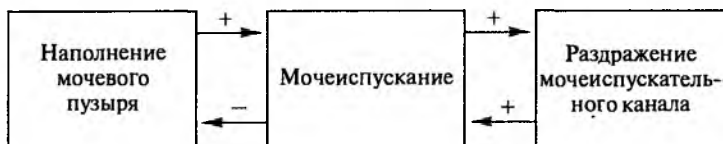


Рис. 4.

Менее уверенно можно говорить о механизмах, поддерживающих альтернативную смену сна и бодрствования.

Однако и там можно видеть известные аналогии описанному механизму, хотя, далеко не исчерпывающие всей сложности явления.

Как известно, во время сна автоматически выключается или снижается деятельность органов чувств, частью механически (зрение), частью путем, очевидно, центрального торможения. С другой стороны, известно, что полное выключение внешних раздражений легко приводит к сонному торможению. Известен случай с субъектом с нарушением большинства рецепторов, кроме зрения, где искусственное выключение зрения быстро приводило его ко сну (акад. И. П. Павлов — случай Штрюмпеля). Исходя из этих фактов, можно указать (не настаивая, впрочем, на этой гипотезе), что одним из существенных механизмов, поддерживающих сон, даже после значительного отдыха и, следовательно, снижения вызвавшего сон утомления, является опять-таки взаимная поддержка двух явлений: сонного торможения высших отделов нервной системы и вызываемого им снижения деятельности органов чувств (в свою очередь исключаяющего внешние раздражения и поддерживающего этим торможение). Напротив, во время бодрствования мы имеем обратное соотношение, где возбуждение высших отделов нервной системы поддерживает деятельность органов, которые в свою очередь (через падающие на них раздражения) поддерживают тонус коры (рис. 5).

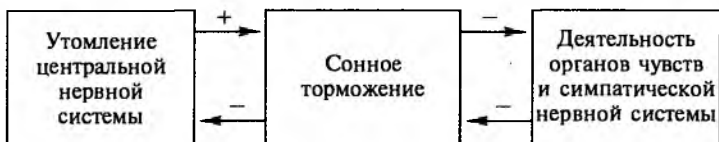


Рис. 5.

При произвольном вмешательстве в тот или иной процесс человек использует те же пути. Так, в случае необходимости опорожнения мочевого пузыря прежде естественно наступающих позывов человек (путем напряжения брюшного пресса для раздражающих сокращений произвольных мышц дна таза) вызывает лишь появление «запальной» порции мочи и дальше уже процесс течет так же автоматически, как и в случае непроизвольного хода [7]. Точно так же при необходимости уснуть или, наоборот, разбудить спящего, пускается в ход выключение внешних раздражений или, наоборот,

включение их в особенно большой дозировке, и дальше достигнутое состояние поддерживается уже автоматически⁷⁾.

Изложенный тип функций, обеспечивающий альтернативное течение процессов, представляет довольно распространенное явление, хотя в настоящее время мы не во всех таких процессах можем вскрыть даже общие очертания их механизма. Представляется вероятным, что к этому типу принадлежит регуляция женского полового цикла, а также, может быть, и ряд процессов, идущих по типу «все или ничего».

Таким образом, здесь определенное сочетание обратных связей типа «плюс—минус» и «плюс—плюс» (или «минус—минус», что в данном случае то же) создает механизм, дающий в организме альтернативную смену тех состояний, промежуточное положение между которыми является нежелательным.

В целом, подводя итоги рассмотрению систем с обратными связями, можно сказать, что в организме наблюдаются различные типы обратной связи и что каждому типу соответствует определенная форма функций: 1) *тип «плюс—минус» способствует стабилизации функций* и поэтому легче выявляется при изучении организма, так как связан с длительно существующими функциями; 2) *тип «плюс—плюс» способствует нарастанию функций*; 3) *тип «минус—минус»⁸⁾ — дифференциации и уходу от среднего, неблагоприятного состояния* (эмбриональное состояние тканей, гермафродитизм и т. д.); 4) *определенные сочетания типа равновесия и «плюс—плюс» способствуют изменению порогов реакции органа и этим создают вместо сглаженных циклов альтернативные колебания органа между двумя крайними состояниями.*

Изложенная классификация простейших биологических систем и их приспособительной роли представляет, разумеется, лишь самые первые шаги в этом вопросе. Чтобы яснее выявить особенности каждого типа, мы должны были в известной степени схематизировать явления, подчеркивая в каждом из них то, что в нем представлялось наиболее важным.

Однако, находя определенную систему на одном уровне интеграции некоторых явлений⁹⁾, мы не должны забывать,

⁷⁾ Мы оставляем в стороне конкретные механизмы, пускаемые здесь в ход (в первую очередь участие вегетативной нервной системы), поскольку нашей задачей является лишь выделение общего типа явлений, а не детальный анализ отдельных звеньев в различных физиологических процессах (сон, мочеиспускание и др.).

⁸⁾ О различии типов обратных связей «плюс—плюс» и «минус—минус» см. на стр. 218—221.

⁹⁾ Под «уровнем интеграции» в биологии часто понимают степень сложности элементов, охваченных данной системой связей. Например, организм

что на других уровнях тех же явлений всегда имеются и другие типы взаимоотношений. Например, если мы правомерно рассматриваем систему рефлексов как дискретную (и то лишь функционально, а не анатомически), то отдельный рефлекс приходится рассматривать как систему цепных связей, притом часто осложненную обратными связями. «Звездно-лучевые» системы эндокринных корреляций почти всегда осложнены для каждого «луча» обратными связями, так же, как почти все звенья системы обратных связей являются центрами таких «звездных» подсистем. Например, половая железа является центром обширной звездной системы корреляции (вторичные половые признаки) и в то же время звеном в системе обратной связи с гипофизом и т. д. В альтернативных процессах мы видели примеры сочетания отрицательных («плюс—минус») и положительных («плюс—плюс») обратных связей и т. д. Одним словом, ни один тип систем не стоит особняком, а в каждом конкретном явлении так или иначе связан с другими.

Мы проанализировали здесь лишь весьма немногочисленные типы элементарных систем. Надо думать, что фактически даже таких элементарных форм гораздо больше. Тем больше должно быть число их сочетаний.

Наконец, следует учитывать, что биологически сходные результаты могут достигаться иногда путем применения неодинаковых механизмов. Так, простое на вид явление «регуляции» или компенсации может достигаться, как описали Н. А. Белов и М. М. Завадовский, путем «плюс—минус» взаимодействия. Но в других случаях такое восстановление нарушенного нормального состояния может идти путем простого процесса «текущей замены» тканей. Например, выстриженная шерсть млекопитающего, снятый поверхностный слой эпителия на коже или слизистой, обломанный кончик резца у грызуна могут постепенно восстановиться только за счет того, что все эти ткани, снашиваясь, непрерывно возобновляются. Таким образом, удаленная сразу путем травмы часть ткани может возобновиться так, как если бы она была сношена постепенно естественным путем. Этот пассивный тип компенсации встречается обычно лишь при небольших травмах, но все же создает впечатление такой же «регуляции», как и активная «регуляция» путем включения обратной связи. Подобных примеров можно было бы привести много.

представляет собой наиболее высокий уровень интеграции, охватывающий все входящие в него органы. Связи внутри органа (между его частями, тканями) — более низкий уровень, между клетками одной ткани — еще более низкий и т. д.

Это все чрезвычайно важно иметь в виду, если ставить себе задачей раскрытие биологических механизмов и их синтеза в целом организме.

5. Некоторые общие соотношения управляющих систем в организмах и в машинных устройствах

В предыдущем изложении мы рассматривали различные типы систем с точки зрения их приспособленности к выполнению тех или иных функций. Надо, однако, помнить, что далеко не все связи имеют приспособительный характер. Мы привыкли а priori считать все явления в организме целесообразными, полученными в результате длительной приспособительной эволюции. На деле же определенная категория признаков и процессов в организме является следствием недостаточной длительности и успешности эволюции. Примером подобного признака, легко выявляемым при сравнении с более совершенными формами, является трехкамерное сердце двоякодышащих рыб, амфибий и многих рептилий¹⁰⁾. В других случаях, где мы не можем сравнивать уже развившиеся более совершенные формы, мы также должны помнить, что далеко не все структуры организма достигли максимального совершенства. Это важно иметь в виду и при сравнении систем организма с системами в различных машинных устройствах. Живая материя качественно отличается от неживой природы. В своей эволюции она достигла высокого совершенства выработанных естественным отбором приспособлений. Уже Н. Винер подчеркивал [31] огромное различие в габаритах управляющих систем машин и животных. Управляющие системы организмов в тысячи раз компактнее, чем соответствующие механизмы машин. С другой стороны, число элементов, например, в нервной системе, во много раз больше, чем у лучших современных машин. Сопоставляя количество нервных клеток (порядка 10^{10} у человека) с числом элементов счетных машин (10^4), мы получили бы разницу в миллион раз. Иначе говоря, если бы мы могли свести размеры элементов счетной машины к размерам нервных клеток, мы получили бы машинный

¹⁰⁾ Трехкамерное сердце имеет два предсердия, но не имеет полной перегородки между двумя желудочками, вследствие чего возможно частичное смещение артериальной и венозной крови.

мозг всего в 1,5 миллиграмма весом¹¹⁾. Кроме того, и некоторые качественные особенности связей в нервной системе отличаются несравненно большим совершенством. Так, при увеличении объема запоминающих устройств у имеющихся машин поиски требуемых сведений («воспоминание») так осложняются, что требуют больше времени, чем в действующей медленнее, но более совершенной центральной нервной системе человека. Правда, и при этих условиях вычислительные машины в некоторых отношениях, в частности по скорости процессов, уже превосходят наши возможности. Однако в настоящий момент даже чисто формальные их возможности (кроме скорости) несоизмеримо малы по сравнению с мышлением человека.

Но если и качественно, и по ряду количественных показателей (богатство элементов, габариты) машины далеко уступают живому организму, то нельзя отрицать более широких возможностей в дальнейшем развитии машин, по крайней мере для некоторых их конструктивных особенностей, по сравнению с организмом.

Действительно, ряд биологов (Дж. Б. С. Холдейн [21], С. Райт [32] и др.) подчеркивали в различной форме тот факт, что живые организмы могут эволюционировать далеко не во всех направлениях. Реально эволюция идет не в том направлении, которое обещает наибольшие результаты в отдаленном будущем, а в том, которое дает наибольшее улучшение судьбы вида в ближайший период времени, хотя бы в дальнейшем это и было менее благоприятно. Животное и растение на каждом этапе своей эволюции должно быть максимально приспособленным к среде. Это ведет к тому, что даже довольно простые полезные сочетания мутаций не могут закрепиться в виде, если в отдельности эти мутации приносят вред (так как возникают они обычно в отдельности, а не в готовом сочетании). Если машину можно переконструировать, заменив в ней сразу группу частей, проанализировав еще в проекте все преимущества новой комбинации, то в организме эволюция позволяет, как правило, одновременную замену только одной, редко двух частей, и если они на первом же этапе не согласуются достаточно хорошо с остальными частями, то эволюция их отбрасывает, и новая конструкция, возможная и ценная только при замене сразу целой группы частей, вовсе не осуществляется. Это, несомненно, ограничивает возможности эволюции живых организмов и дает некоторые,

¹¹⁾ Фактически еще меньше, так как в состав мозга входят и связующие элементы, число которых растет быстрее, чем число основных элементов.

хотя, конечно, второстепенные, преимущества в конструировании машин. Грубым примером этой разницы является, вероятно, применение в технике с первых шагов ее развития поступательно-вращательного движения в виде колеса, оси, пропеллера и т. п., которые механически очень выгодны, но никогда не возникали в этой форме в живых организмах.

Таким образом, мы можем сформулировать обязательный для живых организмов принцип *непрерывности максимальной приспособленности в эволюции*, приходящий нередко в противоречие с конечной максимальной приспособленностью организма. Если эти противоречия по какой-либо причине были особенно велики, то они могли заводить в тупик целые группы видов. Так, достигнув определенного размера, животные часто продолжают уже закономерно эволюционировать в сторону увеличения роста, так как в этом случае особи большего размера получают существенное преимущество в защите от хищников и в борьбе за самку. Но увеличение роста животных через определенное время вызывает падение темпов эволюции (вследствие уменьшения численности вида на той же территории и более медленной смены поколений) и, наконец, приводит к вымиранию медленно приспособляющихся к новым условиям гигантов. Такие или аналогичные противоречия в какой-то мере имеются в каждой из ветвей животного и растительного царства. Однако поскольку жизнеспособность вида определяется его конкуренцией с другими видами, а развитие всех видов является в той или иной мере противоречивым и медленным, то и в борьбе за существование гибнут не все виды с недостаточно совершенным приспособлением, а только те, которые особенно отклоняются в неблагоприятную сторону.

В машинных устройствах при всей их элементарности по сравнению с живыми организмами некоторые из этих противоречий могут быть сняты благодаря большей дальновидности человеческого разума по сравнению со слепо действующим естественным отбором.

Другое существенное отличие большинства современных машинных устройств от живых организмов заключается в сравнительно большем богатстве взаимно независимых реакций у живых организмов. Выше мы уже указали, что причиной такой дискретности является необходимость гибкого приспособления к изменяющимся внешним условиям. Вычислительные машины, поскольку они не ведут самостоятельного существования, как правило, не должны сами обеспечивать свою безопасность и приспособляемость и работают в каждый определенный момент по одной определенной программе.

В высшей нервной деятельности животных и тем более человека особенно надо учитывать множественность, одновременность и комбинированность реакций центральной нервной системы. В психической жизни высших животных, и особенно человека, часто наблюдается своего рода «статистическое» решение вопроса, которое под влиянием тех или иных внешних или внутренних условий может сильно варьировать. Изучение изменения вероятностей тех или иных процессов в центральной нервной системе, можно думать, открывает дальнейший путь к анализу типов характера, а также развития бреда и ряда других проявлений нормальной и патологической высшей нервной деятельности человека, основы изучения которой заложены академиком И. П. Павловым.

Мы так упорно подчеркиваем отличия живых организмов от машинных устройств потому, что основная задача кибернетики — выявление общих принципов управляющих систем в живых организмах и машинах — может быть осуществлена лишь тогда, когда будут учтены специфические черты тех и других. При этом здесь надо выделить два типа различий. Первый тип — это частично уже рассмотренные нами различия самих объектов: живых организмов и машин. Второй тип заключается в различии нашего подхода к тем и другим объектам. Машины мы конструируем сами, кроме того, они гораздо доступнее анализу благодаря своей относительной простоте. В организмах, наоборот, мы в сложном переплетении разнообразных явлений нередко с трудом выделяем основные типы взаимоотношения частей и определенные их системы. Здесь нам иногда приходится идти от результата к конструкции.

В живых системах мы обычно имеем дело с многими совокупностями неизвестных или лишь частично известных элементов, с неточно определенными числами и с возможностью лишь приблизительного установления типа их взаимоотношений. Все это ставит перед биологом, — если он хочет применять в своих исследованиях общие принципы кибернетики, — задачи, несколько отличные от задач математика или техника, изучающего принципы конструирования управляющих устройств в машинах, хотя цель в обоих случаях остается одна и та же.

С одной стороны, как видно из изложенного, подход биолога должен быть в значительной степени качественным, т. е. ориентироваться не на точные количественные данные, а на выяснение общих типов связей, допускающих ряд количественных отклонений без существенного отличия в конечных результатах. Так, в значительной степени, старались идти и мы в описании управляющих систем.

С другой стороны, имея дело с более сложными и менее ясными отношениями, чем те, которые существуют в машинных устройствах, биолог не может установить четкую грань между собственно управляющими механизмами и различными другими типами, скажем, выполняющими ту или иную частную функцию. В результате в биологии приходится исследовать любые отношения частей, складывающихся в системы, выясняя их специфику и уже затем определяя их значение для организации управления в живых организмах. Дж. Нидхем [13], характеризуя задачи научного исследования в биологии, писал: «Единицы, которые как мы предполагаем, различны по своему существу, могут быть введены в область научного изучения путем анализа их составных частей. Мы можем тогда сказать, что внутренние различия связаны с числом, природой или с отношениями этих частей». Природа частей является специфическим объектом описательной биологии, а число (если оно требует уже специальных методов) — объектом математической биологии. Третья сторона вопроса — выяснение типов отношения частей в живых организмах, — очевидно, должна составлять особую задачу, и она связана с выяснением принципов строения управляющих систем в организме. Действительно, любая, самая простая конструкция определяется не только составляющими ее частями и их числом, но и их расположением. Выяснение общих принципов архитектуры живых систем и является ключом к раскрытию той целостности, которая так поражает в живых организмах, которая часто служила поводом к признанию невозможности научного познания в этой области, и сущность которой в настоящее время начинает раскрываться благодаря изучению некоторых общих принципов строения управляющих саморегулирующих систем.

6. Некоторые возможные направления практических приложений представлений о типах биологических систем

Остановимся на том значении, которые могут иметь изложенные представления для медицины.

В настоящее время имеется целый ряд заболеваний неинфекционной природы, этиология и патогенез которых еще не выяснены до конца. Сюда относятся: гипертония, злокачественные новообразования, глаукома, такие заболевания, как язва желудка и двенадцатиперстной кишки, нейродермиты и, наконец, целый ряд нервно-психических

заболеваний от эпилепсии, шизофрении и циркулярного психоза до истерии и психастении.

Полный анализ этих заболеваний, конечно, возможен только при широком накоплении материала и установлении связей, которые определяют основное развитие патологического процесса. Однако на современном этапе исследования, когда накоплено уже большое количество данных, изложенные представления о типах систем могут в известной мере облегчить разрешение вопроса путем исключения некоторых решений или указания на наиболее вероятные типы взаимоотношения органов, принимающих основное участие в патологическом процессе.

Бесспорно, что многие заболевания самого элементарного характера осложняются созданием обратных связей того или иного типа. В этом отношении можно указать хотя бы на такое хорошо изученное заболевание как рахит. Как известно, рахит вызывается недостатком витамина D в пище. Однако оказывается, что для его излечения далеко не всегда бывает достаточно восстановить нормальный состав пищи путем добавления в нее снова витамина D.

В ряде случаев в результате развития рахита нарушается нормальная работа кишечника, и витамин D уже не может нормально усваиваться, даже если он имеется в пище [12]. Получается система с положительной обратной связью: недостаток витамина вызывает нарушения нормального функционирования кишечника, а нарушение функции кишечника создает в свою очередь недостаток витамина D. Таких случаев «порочного круга» в патологии можно встретить очень много. Наблюдаются и другие формы взаимодействия звеньев, определяющих создание патологического процесса. В настоящее время можно установить, по крайней мере, четыре типа патологических процессов.

К первому типу следует отнести те, которые связаны с нарастающим, так сказать, «лавинообразным» развитием процесса. Такой характер развития можно отметить у гипертонии, глаукомы, злокачественных новообразований и шизофрении. Здесь можно предположить, что в основе процесса лежит возникновение «порочного круга» того же типа, какой известен для рахита, т. е. положительной обратной связи («плюс—плюс»). Указания на такой характер процессов при этих заболеваниях действительно имеются. Так, при гипертонии изменение сосудов, возникшее под влиянием повышенного давления, в некоторых органах достигает такой степени, что снижение давления до нормы может неблагоприятно сказаться на функции органа, и организм вынужден

по возможности сохранять высокое давление. Точно так же при так называемом патологическом развитии личности сокращение контакта больного с окружающей средой бесспорно усиливает неадекватную его реакцию на внешнюю обстановку, что, в свою очередь, является причиной конфликтов и травм, усугубляющих патологическое развитие личности. Наличие таких взаимоотношений еще не дает нам права делать определенное заключение об их решающем значении, но во всяком случае позволяет поставить соответствующие исследования. Аналогичные данные можно привести и для глаукомы.

Сложнее вопрос в отношении злокачественных новообразований и артериосклероза, если последний развивается без существенного повышения давления крови. Лавинообразное развитие злокачественных новообразований может происходить просто от своего рода «цепной реакции», когда одна злокачественная клетка порождает путем делений все новые. Хотя этот механизм бесспорно имеет место, но, возможно, здесь играет роль и другой момент: все большее ослабление организма под влиянием злокачественной опухоли уменьшает его сопротивляемость, и это способствует более интенсивному ее развитию. На это указывают некоторые факты. Так, для прививки опухоли от одного животного другому требуется известный минимум материала, ниже которого опухоль у животных, как правило, не прививается. С другой стороны, наличие в литературе данных о единичных случаях «самоизлечения» злокачественных опухолей тоже как будто говорит о возможности подавления развития опухоли организмом и заставляет допускать их взаимоотношения по типу «минус-минус».

Так же осторожно надо подойти и к вопросу о развитии артериосклероза (без гипертонических явлений). И тут, помимо «самоусиливающегося» процесса, может идти нарастание явлений просто путем постоянной аккумуляции необратимых изменений в результате непрерывно идущих патологических влияний, например, постоянной интоксикации. В этом случае постановка специальных исследований о типе процесса, вероятно, позволила бы ближе подойти к разрешению вопроса о развитии заболевания. Рассматривая первый тип патологических процессов в целом (там, где он подтвержден прямыми исследованиями), можно себе представить, что в ряде случаев вполне возможно излечение, основанное на учете характера взаимодействия звеньев, определяющих заболевание. Для этого было бы достаточно заставить одно из основных звеньев временно действовать по нормальному типу и этим возвратить к норме и другие

связанные с ним звенья. Так поступают при рахите, когда энергичным вмешательством, хотя бы временно, добиваются нормального поступления витамина D в организм и этим в достаточной мере нормализуют все функции организма, в том числе и усвоение витамина D.

Точно так же, когда недостаточная функция сердца приводит прямо (путем ослабления коронарного кровообращения) или косвенно к ухудшению работы сердечной мышцы и тоже создается «порочный круг», его прерывают временной стимуляцией сердечной мышцы различными фармакологическими средствами, в результате чего создаются условия для дальнейшей сравнительно нормальной деятельности и самой сердечной мышцы и всего организма в целом.

Ко второму типу патологических явлений можно отнести те, которые имеют тенденцию к определенному равновесию, имеющему, однако, совершенно не соответствующий норме характер. Возможно, что сюда следует отнести упорно возобновляющиеся трофические расстройства (язва желудка или двенадцатиперстной кишки, экземы и нейродермиты и т. д.), некоторые стабильные отношения в состоянии эндокринной системы, а из нервнопсихических заболеваний — психастению с неврозом навязчивых состояний и ряд психопатий, не имеющих тенденции к развитию.

В этом случае, чтобы вызвать обратный ход процесса, недостаточно временных изменений в отдельных компонентах, так как патологическая равновесная система снова может возвратиться к прежнему состоянию. Здесь требуется уже более устойчивое изменение хотя бы одного из компонентов, участвующих в процессе. Однако реально эта задача является, может быть, более простой, чем в первом типе, так как устойчивое равновесное состояние дает больше времени и возможности вмешиваться в процессе, а размеры отклонения от нормы здесь почти никогда не могут достигнуть той степени, которая наблюдается при направленном разворачивании процесса в первом типе. К тому же многие функции органов могут быть изменены в небольших пределах (что здесь нередко только и требуется) простым изменением условий их работы в том числе изменением питания, режима и т. д.

Третий тип патологических процессов может быть назван циклическим. Наиболее яркой иллюстрацией его является, вероятно, циркулярный психоз. В данном случае, очевидно, при сохранении общего уровня равновесия в организме имеет место какое-то нарушение его регуляции, приводящее к тому, что вместо точной установки на среднее состояние некоторых процессов обмена происходит их «раскачка» вокруг среднего состояния. Это может быть вызвано как запаздыванием

реакции¹²⁾, так и чрезмерно сильной реакцией регулирующих механизмов на отклонения в обратную сторону. Поскольку организм, как система, ограниченная в возможностях своей реакции, не дает этим колебаниям выйти за определенные пределы, размах волн не возрастает, но последние повторяются нередко с довольно большой правильностью.

Несколько иной характер имеют кратковременные «циклы» при эпилепсии. Они скорее имеют характер описанных выше «альтернативных» процессов, которые, раз начавшись, имеют тенденцию дойти до своего исчерпания, и лишь после этого может произойти возвращение к норме. В связи с этим простейшим практическим способом борьбы с эпилептическими припадками обычно является повышение того порога, переход которого пускает в ход весь патологический механизм, в дальнейшем уже действующий по типу самоусиливающейся системы положительной обратной связи («плюс—плюс»). Это достигается в первую очередь снижением возбудимости центральной нервной системы.

Принципы борьбы с циклическими патологическими процессами, очевидно, должны быть весьма различны в зависимости от того, чем обусловлено нарушение регуляции — запаздыванием реакции, ее избыточностью или же пуском в ход частично самоусиливающегося механизма. Однако и здесь, можно думать, ясное представление о различных возможных типах процесса может способствовать более точному его анализу, а в дальнейшем — и изысканию тех или иных методов борьбы с болезнью.

Четвертым типом, который мы можем наметить, является наличие постоянно действующего внешнего или внутреннего фактора, вносящего патологические нарушения в нормальную жизнь организма. В одних случаях это может быть недостаток питания, общий или какого-либо специального вида (например, авитаминоз), в других — патогенный микроб (туберкулез, тиф и т. д.), наконец, постоянно действующий фактор интоксикации продуктами обмена, всегда присутствующий в организме даже при нормальном состоянии.

¹²⁾ Тенденция к равновесию в случае отрицательной обратной связи может приобретать характер постоянных колебаний вокруг среднего устойчивого положения. Условием для этого может быть запоздание получения информации следящим механизмом. Подобный случай имеет место, например, в численных соотношениях особей хищника и жертвы. Увеличение числа хищников приводит к уменьшению числа особей жертвы, но не сразу же. Увеличение числа особей жертвы способствует росту и числа хищников (обратная отрицательная связь), но тоже не сразу. В результате могут возникать регулярные, незатухающие колебания численности тех и других [28].

Понятно, что этот четвертый тип (к которому чаще всего и сводят большинство заболеваний) может имитировать тот или иной описанный выше тип¹³⁾ или даже быть источником для дальнейшего развития патологического процесса путем создания различных обратных связей (как это иногда бывает при рахите).

Не следует также забывать и то, что при многообразии связей в организме всякое заболевание, по-видимому, *включает самые различные типы взаимодействий*. Так, например, шизофрения типа «развития личности» при наличии основного механизма, связанного с участием обратной положительной связи, по-видимому, иногда включает и расстройство альтернативной смены сна и бодрствования, вследствие чего нарушаются нормальное функционирование и отдых центральной нервной системы. С другой стороны, всегда возможно вмешательство и более общих механизмов компенсации нарушений, и если оно оказывается своевременным и достаточно интенсивным, мы имеем дело с улучшением состояния больного или даже с выздоровлением.

Мы здесь ставили вопрос только о выявлении *основного* типа процесса, установление которого может с наибольшими шансами дать нам в руки ключ к пониманию заболевания и к борьбе с ним.

Практическое значение изложенных здесь представлений о типах биологических систем, конечно, не ограничивается только той областью медицины, на которой мы хотели проиллюстрировать вероятные пути их использования. Для ряда практических вопросов как медицинских, так и сельскохозяйственных может иметь значение и вопрос о «корпускулярности» наследственных задатков, рефлекторных элементов и т. д. В частности, например, таким вопросом является борьба с появлением устойчивых к ядам рас вредителей сельского хозяйства и болезнетворных микроорганизмов. Известно, что при применении какого-либо специального яда у вредителя нередко путем отбора со временем вырабатывается раса, устойчивая к этому яду. Тогда приходится переходить на другой яд. Однако это не гарантирует от того, что вредитель не приобретет устойчивость и к нему, и т. д. Нечто аналогичное наблюдается и в отношении патогенных микроорганизмов, вырабатывающих устойчивость к фармакологическим средствам.

¹³⁾ Например, малярия, создавая за счет самого патогенного фактора циклический характер заболевания, могла бы, если бы мы не знали причины, заставить нас думать о нарушении регуляции равновесия в организме и т. д.

С изложенной выше точки зрения представляется целесообразным для избежания подобных результатов применение не менее чем двух ядов одновременно. Действительно, возникновение мутации, повышающей устойчивость вида к одному яду, не так уже маловероятно. Когда же устойчивые особи размножаются, то легко может возникнуть новая мутация, повышающая устойчивость к другому яду и т. д. *Последовательное* возникновение таких мутаций практически может быть безграничным. Но, как мы видели, *одновременное* возникновение у одной особи двух мутаций, нужных для устойчивости против двух ядов, крайне маловероятно (так же как и возникновение одной мутации, имеющей одновременно оба полезных признака). Следовательно, для эффективной борьбы с вредителями или микробами, вероятно, целесообразно применять комбинацию двух или трех ядов. В ряде случаев несколько большие затраты и трудности, представляемые этими мероприятиями в первый момент, более чем окупятся эффектом в дальнейшем.

С другой стороны, можно думать, что при поисках полезных наследственных комбинаций у сельскохозяйственных растений и животных селекционеры оставляют до сих пор много неиспользованных комбинаций так же, как это делает и природа, поскольку возможно, что отдельные генотипы, дающие порознь плохой эффект, вместе могут дать благоприятную комбинацию [30]. В известном смысле с реализацией подобных сложных благоприятных комбинаций мы имеем, видимо, дело в гибридах инцухтной кукурузы, где отдельные линии, порознь малоэффективные, в некоторых комбинациях дают чрезвычайно высокий эффект. Принципиально возможно, что и в других случаях (даже при создании устойчивых гомозиготных генотипов) неудачные порознь генотипические блоки в комбинации могут дать нужный эффект. Эволюционное уменьшение взаимодействия мутаций, хотя и должно идти все время, но, конечно, полная ликвидация взаимодействия невозможна. Поэтому с возможностью взаимодействия мутаций в известной мере надо считаться как в теории, так и в практической деятельности.

Значение представлений о свойствах и роли дискретных систем может быть очень велико и в других отношениях. Еще большее значение для практики медицины и сельского хозяйства может иметь использование развитых представлений о корреляционных системах в развитии и функционировании организма. Последние, однако, заслуживают более широкого и детального обсуждения, и мы не будем здесь на них останавливаться.

Можно подчеркнуть одно: несмотря на то, что представления о типах биологических управляющих систем бесспорно развиты еще далеко не достаточно и в них имеется много пробелов, уже теперь с первых шагов развития намечаются определенные пути их применения для решения не только теоретических, но и весьма реальных практических задач, которые ставят перед нами биологические науки со всеми их разветвлениями, включающими медицинские и сельскохозяйственные дисциплины.

Заключение

Выше мы изучали биологические системы, характеризующиеся различными формами связи между отдельными звеньями. Основные рассмотренные нами типы систем были следующие:

1. Дискретные или корпускулярные системы, состоящие из ряда элементов, непосредственно почти не связанных друг с другом и легко вступающих между собой в любые комбинации.

2. Системы с фиксированными отношениями отдельных звеньев, в частности, характеризующиеся цепной последовательностью отдельных звеньев или «звездным» расположением их вокруг одного центрального звена.

3. Системы из двух или более взаимно влияющих (по типу обратной связи) звеньев при условии их взаимной стимуляции, взаимного торможения или «плюс—минус» взаимодействия и комбинация последнего типа с взаимно стимулирующим (или тормозящим).

При этом оказалось, что в живых организмах сходные по общему смыслу приспособительные задачи, хотя и относящиеся к разным функциям и органам, часто решаются принципиально сходным образом с помощью систем одного типа. Так, приспособление к постоянно меняющейся в любых направлениях среде, как в процессе эволюции, так и в процессе выработки оптимальных форм поведения, обеспечивается за счет дискретных («корпускулярных») систем: в эволюционном процессе — в виде отдельных генетических единиц; в развитии поведения — в виде рефлекторных реакций, способных к сравнительно свободному комбинированию и формированию различных сочетаний, адекватно отвечающих на любые новые комбинации условий среды. Приспособление к постоянным условиям или к ограниченной регулярной смене условий достигаются созданием корреляционных систем, где одни звенья (органы, функции) находятся в постоянной тесной связи с другими.

Второй тип, сталкиваясь с первым, в ряде случаев приобретает определенную оптимальную форму, характеризующуюся, в частности, «звезднолучевыми» связями (например, в эндокринных железах), наиболее удовлетворяющими как требованию прочности связей, так и возможности сравнительно независимой эволюции отдельных звеньев («лучей») системы.

В целом можно предположить такой ход эволюции. 1) Раздробление первичных, наиболее естественных с физикохимической стороны связей (примером которых являются корреляции, обусловленные авитаминозами, первичные сложные реакции нервной системы и пр.) или связей, оставшихся от предыдущего эволюционного этапа. Раздробление связей обеспечивает более гибкое и независимое приспособление различных звеньев к новым условиям. 2) Создание связей (преимущественно «лучевого» типа) различных органов и функций, имеющих сходную и взаимно дополняющую приспособительную роль (например, половые и вторично половые признаки — с половой железой, механизм мобилизации различных функций — с симпатической нервной системой и группой симпатомиметических гуморальных факторов и т. д.) для приспособления к постоянным внешним или внутренним условиям.

Определение того или иного хода процессов в организме (устойчивого, нарастающего, циклического и т. д.) обуславливается системами тех или иных обратных связей. Так, приспособление к стабилизации функций осуществляется в основном за счет отрицательной обратной связи («плюс—минус» связи М. М. Завадовского и Н. А. Белова), как это происходит во взаимодействии большинства эндокринных желез у взрослых животных. Нарастающее развитие систем и процессы, ведущие к созданию их однородности, осуществляются в основном путем установления взаимно стимулирующих отношений между звеньями системы («плюс—плюс»).

Определенные типы биологических процессов, в частности альтернативных (сон-бодрствование, накопление мочи-мочеиспускание и т. д.), осуществляются часто комбинацией равновесной системы (типа «плюс—минус») и системы взаимной стимуляции процессов («плюс—плюс»).

Создание дифференцировки, в первую очередь по типу градиентных систем, а также процессов, мешающих организму сохранить примитивное недифференцированное состояние (например, гермафродитизма), а возможно, и создание «стрелочных» механизмов (Уолдингтон) достигается с помощью взаимоугнетающих отношений между звеньями системы («минус—минус»).

В эволюции наблюдается переход от систем менее благоприятных для выполнения данной функции к системам более благоприятным. С этой точки зрения дается единое объяснение эволюции путем разделения функций тканей (А. А. Заварзин) и дифференциации реакций нервной системы, возникновению мозаичных форм развития яйца и т. д. — как эволюции на приспособленность к все возникающим новым, принципиально не повторяющимся условиям среды.

Обратные формы эволюции наблюдаются при постоянно повторяющихся комбинациях условий (покой—мобилизация организма; существование в водной—в воздушной среде, защищенные формы детенышей—самостоятельное существование взрослых особей; выполнение функций материнских—отцовских; морфозы у растений долинные и высокогорные, водные и сухопутные и т. д.). При этом там, где возможен анализ самого механизма связей, поражает удивительный параллелизм создающихся типов связи у далеких форм животных, например у полусухопутных рыб, амфибий и даже насекомых, у которых возникают во многих отношениях параллельные эндокринные системы.

Самые различные механизмы развития и эндокринно-нервной регуляции, если они имеют сходную по типу задачу (равновесие, циклические процессы, дифференциация или нарастание процесса), осуществляются также поразительно однородными по характеру связей системами.

Так, равновесие большинства эндокринных систем и процессы регуляции (например, компенсаторной) в других органах обуславливаются в большинстве изученных форм системами «плюс—минус». Такие различные по содержанию, но сходные по смене состояний «альтернативные» процессы, как сон и мочеиспускание, вероятно, также обуславливаются сходной в обоих случаях комбинацией обратных связей и т. д.

При этом следует учитывать, что все изложенные взаимоотношения являются не единственными в каждой конкретной системе органов и реакций, а лишь основными, выделенными из весьма обширного комплекса, осложненного рядом других детальных механизмов. В связи с этим сравнение общих задач изучения систем в биологии с задачами, поставленными создателями кибернетического направления в науке, позволяет думать, что при изучении биологических систем на настоящем этапе развития биологии, является неизбежным, во-первых, широкое выявление типов взаимоотношения частей в системах, зачастую без возможности достаточно точных представлений о числе звеньев и о количественных характеристиках их действия, и, во-вторых,

рационально глубокое изучение типов систем, включающих не только собственно управляющие системы с обратными связями, но и других, играющих определенную роль в биологических приспособительных механизмах.

Можно думать, что на настоящем этапе наших знаний о живых организмах изучение менее сложных и легче анализируемых механизмов развития и гуморальных связей для понимания общих типов биологических систем может дать не меньше, а может быть, и больше, чем изучение более сложных и труднее поддающихся расшифровке связей в центральной нервной системе.

Интересно, что в эволюции живых организмов наряду с качественными отличиями от искусственно создаваемых систем наблюдаются и некоторые ограничения в возникновении определенных приспособительных устройств, почти не имеющих шансов на развитие в порядке естественного отбора и легко создаваемых при сознательном проектировании целесообразных механизмов.

Наконец, следует отметить, что, несмотря на пока еще очень ограниченные заключения, которые мы здесь могли сделать, намечается, по-видимому, возможность, используя выясненные соотношения типов систем и определяемых ими процессов, ближе подойти к анализу основных механизмов некоторых патологических явлений и к решению ряда практических задач, например, в борьбе с микроорганизмами, вредителями и т. д.

Все это заставляет думать, что дальнейшее изучение типов биологических систем во всей его широте должно быть одной из важных задач современной биологии и определенных разделов кибернетики.

Литература

1. Белов Н. А. Физиология типов. Орел: Красная книга, 1924.
2. Завадовский М. М. Противоречивое взаимодействие между органами. М.: Изд. МГУ, 1941.
3. Заварзин А. А. Об эволюционной динамике тканей // Архив биологических наук. Т. 36. Серия А. Вып. 1. 1934. С. 3-64.
4. Когхилл Дж. Э. Анатомия и проблема поведения. М.—Л.: Биомедгиз, 1934.
5. Кудряшов Б. А. Биологические основы учения о витаминах. М.: Советская наука, 1948.
6. Кэннон Б. Физиология эмоций. Л.: Прибой, 1927.

7. *Ландау Л.* Руководство по физиологии человека. Т. 1. Берлин, 1921.
8. *Малиновский А. А.* Закономерности наследственности в свете дарвиновского учения об отборе // Успехи современной биологии. Т. 14. 1941. Вып. 1. С. 171–176.
9. *Малиновский А. А.* Объединение полезных признаков в процессе естественного отбора // Рефераты работ учреждений Отделения биологических наук АН СССР за 1941–1943 гг. М., 1945. С. 291–292.
10. *Малиновский А. А.* Роль генетических и фенотипических явлений в эволюции вида // Известия АН СССР. Серия биол. 1939. № 4.
11. *Малиновский А. А.* Типы взаимодействия и их значение в организме // Рефераты работ учреждений Отделения биологических наук АН СССР за 1941–1943 гг. М., 1945. С. 292–293.
12. *Медовиков П. С.* Рахит и его лечение. М.—Л.: Госиздат, 1927.
13. *Нидхем Дж.* На рубеже морфологии и биохимии // Успехи современной биологии. Т. 5. 1936. Вып. 1. С. 36–51.
14. *Орбели Л. А.* Лекции по вопросам высшей нервной деятельности. Л.—М.: Изд. АН СССР, 1945.
15. *Пучков Н. В.* Вегетативная нервная система как фактор регуляции фагоцитарной деятельности лейкоцитов // VII Всесоюзный съезд физиологов, биохимиков и фармакологов. Доклады. 1947. С. 305–308.
16. *Северцов А. Н.* Морфологические закономерности эволюции. М.—Л.: Изд. АН СССР, 1939.
17. *Трофимов И. Е.* Взаимодействие аналогичных генов // Биологический журнал. Т. 3. 1934. Вып. 2. С. 346–385.
18. *Уоддингтон К. Х.* Канализация развития и наследование приобретенных признаков // Успехи современной биологии. Т. 18. 1944. Вып. 3. С. 393–396.
19. *Филиппенко Ю. А.* Экспериментальная зоология. М.—Л.: Медгиз, 1932.
20. *Хаксли Дж., де Бер Г.* Экспериментальная эмбриология. М.—Л.: Биомедгиз, 1936.
21. *Холдейн Дж. Б. С.* Факторы эволюции. М.—Л.: Медгиз, 1931.
22. *Чайлд Ч. М.* Роль организаторов в процессах развития. М.: ИЛ, 1948.
23. *Шмальгаузен И. И.* Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии. М.—Л.: Изд. АН СССР, 1942.

24. *Allen E.* Sex and Internal Secretion. Baltimor and London, 1932.
25. *Danchakoff V.* Sur les effects morphogenetiques de la folliculine dans l'ebauche testiculaire du poulet // Comptes rendus de seances de la Société de biologie. C. XIX. P. 11. 1935. 1147.
26. *Fischer R.* The Genetical Theory of Natural Selection. Oxford, 1930.
27. *Harms J. N.* Wandlungen des Artgefüges. Tübingen, 1943.
28. *Kolmogoroff A. N.* Sulla teoria di Volterra della lotta per l'esistenza // Giornale dell'Istituto Italiano degli Attuari. Anno VII. Gennaio 1936. № 1. P. 74–80.
29. *Nagel W.* Sympathicotonie und Vagotonie als Symptome physiologischer Zustände. Verh. Schweiz. Med. Biol. ges. 3. Schweiz. Med. Wschr. 66 Jahrg. 1936.
30. *Timofféef-Ressowsky N. W.* Über die Vitalität einiger Genomutationen und ihrer Kombinationen bei *Drosophila funebris* und ihre Abhängigkeit von «genotypischen» und äusseren Milieu // Zeitschr. ind. Abst. u. Vererb. Lehre, 1934. Bd. 67. H. 2. S. 246–254.
31. *Wiener N.* Cybernetics. N. Y., 1948. Русский перевод: М.: Советское радио, 1958.
32. *Wright S.* The role in evolution of mutation inbreeding, crossbreeding and selection // Proc. 6-th Int. Congress of Genetics. 1. C. 356–366.

О КОРРЕЛЯЦИЯХ БЛИЗОРУКОСТИ У ЧЕЛОВЕКА С АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИМИ ОСОБЕННОСТЯМИ ЕГО ОРГАНИЗМА*

В современной медицине все большее значение приобретают методы, ранее этой области науки чуждые. Наряду с биохимией и биофизикой быстро развивается медицинская география, все шире применяются методы математической статистики. Роль последних особенно возрастает еще от того, что всё более утверждается и конкретизируется общее положение о связях самых различных сторон жизни организма между собой. Болезни, ранее трактовавшиеся как локальные нарушения одного органа, оказываются связанными и с некоторыми другими органами, а также с общим состоянием больного. Но изучение подобных корреляций требует более современных подходов к изучению общих признаков организма и одновременно хорошего знания исходных норм, с которыми сравниваются данная патология или коррелирующие с ней признаки. Между тем врачи, как правило, не знают этих норм достаточно хорошо, тем более что нередко речь идет о сравнительно небольших отклонениях, при которых для морфологических, а иногда и физиологических признаков приобретают значение возрастные, половые, географические и расовые различия. Но это уже область антропологии. С другой стороны, широко применяемые и тщательно разработанные в антропологии методы анализа данных и определения связей (например, коррелятивных) лишь с трудом проникают в область медицины, да и применяются в ней недостаточно правильно [13, 12, 10, 11].

Все сказанное делает крайне важным установление связей между антропологией и медициной, причем антропологи взяли бы на себя разработку определенных методов иссле-

* Источник: [1961 а].

дования, прежде всего в области изучения этиологии и патогенеза некоторых неинфекционных заболеваний, а также выяснение столь важного вопроса о конкретных нормах развития различных признаков у разных групп населения.

Следует отметить, что развитие антропологических исследований создало для этого благоприятную почву. Антропология из почти чисто морфологической науки, какой она была ранее, все больше приобретает широкий морфофизиологический охват. Изучение влияния среды на морфологические особенности человека (Ф. Боас), включение в круг антропологических интересов групп крови и их распространения [17], связи между формой и химизмом костей [5, 4] и других исследований все больше сближают научную проблематику и задачи антропологии и медицины. Эти отрасли науки становятся как бы взаимно дополняющими разделами широкого учения о здоровом и больном человеке. Успешное изучение патологии неизбежно должно опираться на анатомио-физиологические нормы, а антропологическое исследование человеческого тела трудно себе представить без учета различных отклонений, обусловленных теми или иными физиологическими и патологическими процессами.

Применение методов, развивавшихся по преимуществу антропологами, принесло пользу, например, при исследовании генезиса близорукости, или миопии. Не останавливаясь на анатомических особенностях близорукого глаза и на теориях происхождения миопии [1, 2, 3], мы должны, однако, отметить, что общепринятого объяснения в настоящее время еще нет. В то же время изучение этого заболевания имеет огромную практическую важность. Исследования показывают, что миопией страдает до 15–20 % детей, кончающих среднюю школу. Близорукость резко ограничивает для оканчивающих школу выбор профессий, особенно военных и транспортных, препятствует занятиям спортом, а в случае прогрессивного течения приводит к инвалидности, включая даже слепоту. Все это стимулировало широкое развитие исследований в данной области. Наряду с «наследственной» и «рабочей» гипотезами происхождения миопии было высказано также мнение о том, что тут имеет значение ослабление соединительнотканых оболочек глаза: под влиянием внутриглазного давления они медленно деформируются, что приводит к удлинению глазной оси и даже к стафиломам¹⁾ [16, 21, 18]. Однако исследования

¹⁾ То есть к выпячиваниям оболочек глаза, нарушающим его правильную форму. При близорукости обычно отмечаются стафиломы в области заднего полюса глаза.

А. А. Холиной вследствие методических недостатков не позволили ни подтвердить, ни отвергнуть эту гипотезу [14].

Нами было предпринято предварительное исследование 104 женщин, показавшее, что прогрессирующая близорукость связана не только с признаками, указывающими на ослабление системы соединительной ткани во всем организме (понижение высоты стопы, энтероптоз), но и с некоторыми другими (повышение минимального давления крови, увеличение частоты случаев с небольшим увеличением щитовидной железы).

В настоящее время появилось уже несколько исследований, также обнаруживших связь развития миопии с общим состоянием организма, хотя и в отношении других признаков. Так, в большой работе индийского офтальмолога Пендсе [27] сообщается, что по росту и развитию детей-миопов, а также содержанию Са в крови у них (до наступления созревания) обнаружены отличия от немиопов. А. Бенуа [23] установил на материале свыше чем 37 тыс. французских рекрутов связь миопии с более высоким ростом и с более высоким индексом Пинье. Н. М. Ходакова [20] обследовала значительный контингент студентов и подтвердила наши наблюдения о повышении у миопов минимального артериального давления. Некоторые другие исследования также подтверждают наши представления о том, что миопия не представляет собой изолированного явления и чаще развивается на определенной почве, связанной с общим состоянием организма. А раз так, то, исследуя эту основу, мы легче можем выяснить причины самой миопии и ближе подойти к вопросу о ее предупреждении.

В настоящее время нами обследовано 443 человека (в том числе 292 женщины и 151 мужчина). Здесь мы рассмотрим те показатели общего состояния организма, которые изучались нами ранее на более ограниченном материале.

Правда, мы не смогли расширить число обследованных по частоте опущения желудка и почки. Эта работа проводилась ранее в связи с тщательным общим обследованием, которое вела опытный терапевт (доктор Е. А. Вырлан) и которое по техническим причинам пришлось для наших больных в дальнейшем значительно сократить.

Методика. Офтальмологическое изучение рефракции, состояния глазного дна и внутриглазного давления проводилось главным образом в диспансере для близоруких или в III клиническом отделении нашего института²⁾ обычными

²⁾ Украинский научно-исследовательский экспериментальный институт глазных болезней и тканевой терапии им академика В. П. Филатова, Одесса.

методами — определением эластотонметрической кривой по Филатову—Кальфа, скиаскопией и офтальмоскопией после атропинизации. Обследование в большинстве случаев вели одни и те же лица. Давление крови определялось нами с помощью артериального осциллографа. Первоначально, как правило, делалось тут же и определение обычным образом. Следует заметить, что осциллограф давал несколько более низкие цифры, особенно для максимального давления крови. Тем не менее мы предпочитали опираться на осциллограф, поскольку расхождения были не очень велики, а цифры, полученные обоими способами, шли параллельно, хотя и немного на разной высоте. При осциллографическом методе удобна его большая объективность и наличие остающейся записи.

Антропометрические исследования проводились согласно обычным методам, описанным в соответствующих руководствах. Исключение составляло измерение высоты стопы, которая фиксировалась не по ладьевидной кости, а по выдающейся дистальной части медиальной клиновидной, так как нахождение пункта здесь легче и точнее. Предполагая, что различия в высоте стопы у разных по рефракции групп не должны быть очень велики, мы сочли важным уменьшить ее случайную изменчивость за счет более точной техники измерений. Правда, это создавало трудность сравнения наших данных с измерениями по обычной методике, так как избранная нами точка расположена ниже, чем на ладьевидной кости, следовательно, индекс стопы при таком методе также получается несколько ниже, чем при обычном. Но, поскольку это не нарушало сравнимости изучаемых нами групп близоруких и неблизоруких, указанное неудобство не имело существенного значения. Определение степени увеличения щитовидной железы производилось обычным путем согласно шестибальной классификации, рекомендованной Швейцарской комиссией, а также Центральной зубной комиссией Министерства здравоохранения СССР (см. [7, 22]). Нормальной мы считали железу нулевой категории, а начиная с первой категории отмечали увеличение. Из других признаков гипертиреоза нами отмечались тремор, встречавшийся, впрочем, на нашем материале редко, и тахикардия.

Экзофтальм мы регистрировали только в случаях очень резкой его выраженности, поскольку небольшое изменение формы глаз, нередкое у миопов, легко смешать с незначительными степенями экзофтальма. Как в первой работе [9], так и теперь мы приводим данные только по увеличению самой железы, не касаясь других признаков гипер- и гипоти-

реоза, поскольку различия по этим признакам не оказались существенными.

Подавляющее большинство больных обследовалось по общей схеме до внесения офтальмологических данных в карточку, благодаря чему при определении качественных признаков отпадала опасность невольной тенденциозности оценок у больных с различной степенью миопии.

Распределение по группам рефракции сейчас мы даем аналогичное тому, что давали в первом сообщении, т. е. кроме группы эмметропической (нормальной) выделяем три группы близоруких: до $-7,0$ Д, от $-7,0$ Д до $-14,0$ Д и выше $-14,0$ Д, чтобы облегчить сравнение результатов с прежними.

В обследование были включены лица от 18 до 45 лет. Как видно из табл. 1 и 2, возрастные различия изучавшихся групп невелики, имеют несистематический характер и в крайних группах у обоих полов равны примерно двум-трем годам. Поэтому отнести полученные существенные различия этих групп по давлению крови, индексу стопы и т. д. за счет возрастного момента нельзя.

Таблица 1

Распределение обследованных женщин по рефракции и возрасту

Рефракция	Эмметропы	Миопы		
		до $-7,0$ Д	$-7,0$ Д $-14,0$ Д	выше $-14,0$ Д
Число обследованных	47	105	85	55
Средний возраст	28 л.	25 л. 4 м.	28 л.	31 г. 3 м.

Таблица 2

Распределение обследованных мужчин по рефракции и возрасту

Рефракция	Эмметропы	Миопы		
		до $-7,0$ Д	$-7,0$ Д $-14,0$ Д	выше $-14,0$ Д
Число обследованных	25	47	48	31
Средний возраст	24 г. 10 м.	24 г.	28 л. 2 м.	26 л. 8 м.

Рассматривая данные, приведенные в табл. 3 и 4, мы видим, что при расширении числа обследованных женщин и включении групп мужчин, данные нашей работы [14] в общем подтверждаются.

Разница в высоте стопы между эмметропами и крайними миопами у женщин несколько меньше, чем по первоначальным данным (1,35 % вместо 1,77 %), но имеет тот же характер. В мужской группе она тоже имеет место, но меньше. Последнее, правда, вероятно отчасти, обязано малой численности крайней группы миопов-мужчин, так как в соседней, более многочисленной группе миопов-мужчин от 7,0 до 14,0 Д разница с эмметропами (1,28 %) даже больше, чем в крайней.

Но даже если рассматривать всё же только крайнюю группу, то отличие миопов от эмметропов имеет то же направление в сторону снижения ($-0,97\%$).

Достоверность различия в женской группе довольно высокая (по Стюденту — 99,3 %), в мужской меньше (93,5 %), но все же в каждой группе — неполная. Если, однако, объединить эти оценки (даже не соединяя самих групп), то получим, в первом приближении, оценку достоверности вполне убедительную: 99,95 %.

Индекс стопы, как видно из табл. 3 и 4, у мужчин и женщин реально не различается (разность у эмметропов равна $0,38 \pm 0,492$ и несистематически колеблется в других группах, также не достигая достоверности). Вследствие этого по данному признаку мужскую и женскую группы можно объединить. Это тем более возможно, что и соотношение мужчин и женщин среди эмметропов и высоких миопов довольно близко (1 : 1,88 у эмметропов и 1 : 1,77 у лиц с высокой миопией).

Результаты объединения групп приведены в табл. 5, где разница крайних групп достигает 1,2 % и превышает свою ошибку в 3,24 раза. Оценка достоверности здесь равна 99,88 %, что очень близко к цифре, полученной нами ранее путем объединения отдельных оценок (99,95 %), и также говорит о связи миопии с более низкой стопой. Об этом говорит и плавное снижение цифр индекса стопы (табл. 5) при переходе от эмметропов к группе высокой миопии.

Минимальное давление крови при высокой миопии выше, чем у эмметропов, на 7,6 мм в мужской группе и на 8,9 мм в женской, что для средних цифр довольно много. У женщин эта разница вполне достоверна, у мужчин — почти достоверна, но благодаря меньшей численности мужской группы достоверность все же не абсолютно полная. Объединенная оценка (без объединения групп) здесь, разумеется, тоже дает полную достоверность, как и объединение самих групп (табл. 5).

Так же убедительно у женщин существенное различие и в проценте случаев с увеличенной щитовидной железой.

Результаты обследования различных (по рефракции) групп женщин
(основные цифры и их разности выделены)

Рефракция	Эмметропы	Миопы			Разность крайних групп	Оценка достоверности, по Стюденту
		до -7,0 Д	-7,0 Д -14,0 Д	выше -14,0 Д		
Рост	158,0±0,795	158,8	158,9	159,2±0,832	+0,6±1,1507	38,3 %
Индекс стопы	25,426±0,398	24,6	24,6	24,073±0,308	-1,353±0,503	99,3 %
Давление крови {	максимальное 107,13±1,892	113,7	113,69	111,19±1,884	+4,06±2,673	86,6 %
	минимальное 54,0±1,337	60,6	63,38	62,92±1,506	+8,92±2,014	100 %
	пульсовое 53,13±1,762	53,1	50,31	48,27±1,508	-4,86±2,316	95,0 %
Процент лиц с увеличенной щитовидной железой	21,2±6,28 %	57,1 %	62,3 %	60,0±6,67 %	+38,8±9,16 %	100 %

Таблица 4

Результаты обследования различных (по рефракции) групп мужчин
(основные цифры и их разности выделены)

Рефракция	Эмметропы	Миопы			Разность крайних групп	Оценка достоверности, по Стюденту
		до -7,0 Д	-7,0 Д -14,0 Д	выше -14,0 Д		
Рост	172,68 ±0,916	171,3	172,2	171,58 ±0,987	-1,10±1,346	57 %
Индекс стопы	25,76 ±0,290	25,2	24,5	24,79 ±0,410	-0,97±0,502	93,5 %
Давление крови {	максимальное 120,05 ±2,80	117,2	114,6	115,26 ±3,11	-4,79±4,18	79,0 %
	минимальное 55,79 ±2,062	57,6	58,2	63,43 ±2,39	+7,64±3,16	98,4 %
	пульсовое 64,45 ±2,956	59,6	56,4	51,83 ±2,55	-12,42±3,91	99,8 %
Процент лиц с увеличенной щитовидной железой	28,0 ±9,00 %	53,2 %	60,5 %	58,1 ±9,16 %	+29,9±12,81 %	98 %

Таблица 5

Результаты обследования различных групп по рефракции
(оба пола)

Рефракция	Эмметропы	Миопы			Разность крайних групп	Оценка достоверности, по Стюденту
		до -7,0 Д	-7,0 Д -14,0 Д	выше -14,0 Д		
Индекс стопы	$25,54 \pm 0,288$	24,9	24,6	$24,31 \pm 0,247$	$-1,23 \pm 0,379$	99,9 %
Минимальное давление крови	$54,769 \pm 1,127$	59,7	61,3	$63,080 \pm 1,274$	$+8,311 \pm 1,701$	100 %
Процент лиц с увеличенной щитовидной железой	$23,6 \pm 5,21 \%$	55,9 %	61,6 %	$59,3 \pm 5,20 \%$	$+35,7 \pm 7,51 \%$	100 %

У мужчин различие несколько меньше (не 38,8 %, а 29,9 %) и достоверность неполная (98 %). При объединении оценок и групп (табл. 5) достоверность и здесь, конечно, полная (100 %). Интересно то, что рост процента случаев увеличенных желез здесь почти не связан со степенью увеличения щитовидной железы (как правило, первая категория и редко вторая-третья).

Несколько иначе обстоит дело с пульсовым и максимальным давлением крови. Оба показателя, особенно пульсовое давление у женщин существенно ниже, чем у мужчин.

Различия близоруких и неблизоруких по максимальному давлению у мужчин и женщин имеют противоположный знак и ни в одной группе не достигают достоверности. Поэтому их нельзя считать доказательными.

Пульсовое давление в обеих группах у миопов ниже, причем в мужской группе это различие практически достоверно, подтверждаясь еще и плавным характером снижения от эмметропов к крайним миопам.

В женской группе различие меньше и не столь достоверно. Но и здесь можно говорить о ясной тенденции к падению. Возможно, что различие между полами объясняется следующим образом: пульсовое давление у женщин вообще ниже и поэтому должно регулироваться строже, чтобы чрезмерное падение не приняло угрожающих для организма размеров.

В прошлой работе мы отметили, что обследованные нами женщины миопы выше ростом, чем эмметропы; однако, учитывая, что разница только в 2,54 раза превышала свою ошибку, мы не сочли возможным считать ее достоверной³⁾. При расширении женской группы, действительно, различие почти сгладилось и оказалось меньше своей ошибки. В мужской группе различие оказалось противоположного знака и также недостоверным. Это заставляет нас считать, что наши данные пока не обнаруживают различий в росте миопов и эмметропов.

Какие же выводы можно сделать из изложенного?

Снижение индекса стопы у миопов было нами констатировано в предыдущей работе и теперь подтверждено на расширенных данных, в том числе на новой (мужской)

³⁾ Некоторые современные авторы, например А. Я. Боярский, считают такое превышение в биологических исследованиях достаточным. Однако оно дает в среднем одну ошибку на 80 случаев верного решения, и при исследовании многих признаков, как это делали мы, возможность неверного решения становится довольно реальной. Такие превышения (и даже меньшие) можно считать указанием не на ориентировочные, а на реальные различия только тогда, когда они повторяются в параллельных группах (например, в мужской и женской или в повторных сериях опытов).

группе. Этот факт, как и отмеченные раньше у женщин [14] большая частота гастроптозов и других нарушений связочно-фасциального аппарата, подтверждает мнение тех исследователей (Кушель, а также [16, 21, 29, 18]), которые придают в развитии миопии значение ослаблению соединительно-тканых элементов во всем организме, в частности в склере. Каковы непосредственные причины такого ослабления, пока сказать с уверенностью трудно, но весьма возможно, что в разных случаях эти причины различны.

Акад. В. П. Филатов и В. В. Скородинская [18], исходя из наблюдений об ускорении развития миопии под влиянием детских инфекций, высказали предположение о том, что возникающие интоксикации могут быть одной из причин такого ослабления.

А. Кнапп [24] на основании своих клинических наблюдений и опытов над собаками пришел к выводу, что миопия является своего рода рахитом глаза, что она может быть остановлена и даже отчасти излечена противорахитическим лечением.

В клинических наблюдениях Лаваля [25] миопия при антирахитической диете не излечивалась, но это не может служить опровержением того положения, что рахит играет роль в развитии близорукости. Кроме того, имеются и некоторые косвенные данные в пользу такого взгляда, например снижение Са крови у миопов до полового созревания⁴⁾ [27]. В нашей лаборатории [8] также получено хотя и единичное, но интересное подтверждение взгляда А. Кнаппа. Было обследовано свыше 200 нормальных кроликов породы «Шиншилла» и ни разу не была обнаружена миопия. Но в одном случае с рахитическими изменениями обнаружилась быстро развивавшаяся (до $-4,0$ Д) миопия. Поскольку при рахите у человека страдает почти весь связочный аппарат и часто имеется плоскостопие, возможно, что сам рахит может быть одним из конкретных этиологических моментов общего ослабления соединительнотканного аппарата, в некоторых случаях приводящего к миопии.

В одной работе, проведенной нами совместно с доктором Н. И. Усовым, мы также получили подтверждение этому. Нами было обследовано 74 школьника от 10 до 12 лет с наличием у них морфологических признаков перенесенного рахита и 108 школьников из той же школы и того же возраста, у которых этих признаков не наблюдалось. Оказалось, что среди детей, имевших следы рахита, близорукость

⁴⁾ Рахитические изменения по некоторым данным (см., например, [15]) наступают при снижении и фосфора, и кальция крови.

была отмечена в 13 случаях, а среди не имевших — в 5 случаях. Разница ($12\% \pm 4,46\%$) превышает свою ошибку в 2,9 раза и должна считаться достоверной, несмотря на незначительные числа.

В последнее время Н. И. Усов расширил наши прежние исследования и на материале в 590 детей того же возраста получил еще более выраженные различия: близорукость встречается у детей со следами рахита примерно в 5 раз чаще, чем у детей без рахитических изменений. Учитывая, что рахит, как правило, ведет к ослаблению связочно-фасциального аппарата, можно думать, что этим и объясняется его влияние на возникновение близорукости.

Во всяком случае наши данные говорят в пользу связи миопии с ослаблением функции опорной соединительной ткани во всем организме.

Подтвердились и прежние данные о связи миопии с повышением минимального давления крови и, кроме того, у миопов (в основном у мужчин) отмечено и понижение пульсового давления. У женщин имеется та же тенденция в отношении пульсового давления, но выражена она слабее. Здесь приводить объяснение труднее, хотя и выдвигается несколько предположений. Возможно, что повышение минимального давления крови увеличивает тенденцию к отечности тканей, в частности склеры, и этим несколько ухудшает физиологическое состояние склеры. Известно, что одним из условий, предрасполагающих к отеку, является нарушение соотношения между тканевым давлением и давлением крови в пользу последнего. Косвенно такая роль минимального давления подтверждается тем, что при миопии могут иметь место отеки и кровоизлияния в сетчатку. Для случаев гипертонии было показано, что кровоизлияния в сетчатку больше всего связаны именно с минимальным давлением крови [6]. Напротив, более высокое пульсовое давление может быть связано с лучшим кровоснабжением органов и тканей и в частности способствовать лучшему состоянию склеры. Такая роль пульсового давления, помимо теоретических соображений, иллюстрируется еще тем, что при повышении требований к снабжению тканей кровью, например при физическом напряжении, возрастает именно пульсовое давление. Не исключено и то, что сдвиг в пользу минимального давления за счет пульсового связан с каким-то снижением упругих свойств стенок сосудов.

При изменениях щитовидной железы обращает на себя внимание то, что несмотря на уже довольно высокий процент их у эмметропов (свыше 20%), он резко повышается у миопов (до 60%). Высокий процент в норме объясняется

тем, что мы отмечали сравнительно небольшие изменения (начиная с I и до V категории). Надо заметить, что даже выраженный зоб, по данным московских прозектур за 1926—1927 гг. (исследование 13 540 человек), встречался в 1,12% [7]. Понятно, что численность малых отклонений, лишь незначительно превышающих норму (главным образом I, редко II и III категория), во много раз должна превышать число крайних форм (зоба), что мы и видим в данном случае.

Отмеченные нами изменения в щитовидной железе у миопов объяснить довольно трудно, так как они, увеличиваясь к высокой миопии по численности, почти не возрастают в степени и, как правило, не сопровождаются другими признаками гипертиреоза.

Вряд ли это можно связать только с усилением кровенаполнения этого и без того чрезвычайно богатого сосудами органа под влиянием повышения минимального давления и при недостаточном повышении активного тонуса сосудов железы.

Может быть, небольшое увеличение железы имеет, скорее, реактивный характер в ответ на какую-то недостаточность, вызывающую ослабление соединительной ткани, и компенсирует его.

Что касается роста, то в предыдущей работе [14] мы, несмотря на то, что различие миопов и эметропов в крайних группах казалось больше, не сочли его достоверным. Новые данные А. Бенуа [23], как и более ранние косвенные данные [21, 27], тоже как будто говорят в пользу большей величины тела или более быстрого роста миопов, однако полного подтверждения и они не дают (у Бенуа различие в единственной гомогенной группе земледельцев недостоверно, а Холина и Пендсе имели дело с детьми, не окончившими рост). Во всяком случае различие или невелико и на нашем материале еще не улавливается, или (о чем говорит и Пендсе) имеется не один тип миопии, причем рост одного типа миопов может быть ниже, а другого выше, а без их дифференциации различие в росте выявить трудно.

В целом изложенные данные показывают, однако, зависимость развития миопии от общего состояния организма, соединительной ткани, давления крови, возможно, и эндокринных органов. Аналогичные данные, как мы уже упоминали, Инце и Бенуа приводят по поводу сложения миопов, Пендсе — относительно характера роста и созревания.

Теоретически представление об изолированном развитии отдельных систем организма, разумеется, и раньше не принималось большинством исследователей. Однако практически, начиная от Штейгера и кончая работами последнего времени, изучение изменчивости органа зрения, за редкими исключе-

ниями, велось преимущественно путем изучения внутренних отношений в оптическом аппарате глаза, без связи с остальными системами организма. В настоящее время такого локального изучения изменчивости рефракции недостаточно. Многие факты заставляют нас все больше ставить развитие рефракции, в частности близорукости, в зависимость от разных систем организма.

Представление о зависимости развития миопии от общего состояния организма позволяет ближе подойти и к пониманию многочисленных фактов влияния общих условий жизни на рефракцию. Так, отмечается, что в горных местностях миопия реже, чем в низинных [24], а в сельских, даже при небольшой разнице в нагрузке на зрение, значительно ниже, чем в городских [19, 24].

Согласно анкете, собранной у различных окулистов [28], оказывается, что среди студентов в Эрлангене (Германия), по Флейшеру, имеется 50 % миопов, в Сиэтле (США), по Холлу — 18 % и в Айове (США), по О. Брайену, — только 3,5 % миопов. При этом Новак [26] в более ранней работе сообщает, что, хотя нагрузка на зрение у детей в Айове не меньше, чем в Европе, все же дети и внуки близоруких, приехавших из Европы, не страдают миопией. Этот факт, почему-то до сих пор мало обративший на себя внимание, несомненно, очень важен для теоретического исследования вопроса и для выработки эффективных мер предупреждения близорукости. Мы еще не можем судить, что именно является причиной упомянутых различий в проценте миопии — содержание Са в воде, микроэлементов в почве и в пище или что-либо еще другое, но, по-видимому, здесь следует искать не столько локальные воздействия на орган зрения, сколько какие-то общие физиологические или биохимические влияния на весь организм.

Наши данные, также как и исследования В. П. Филатова, В. В. Скородинской, Пендсе, указывают на такую принципиальную возможность и выявляют некоторые вероятные пути воздействия внешних условий, например через влияние на соединительную ткань или сердечно-сосудистую систему, на процессы созревания через изменение иммунных реакций и т. д.

Дальнейшее изучение географического и профессионального распределения близорукости, характера ее наследования и связей с онтогенетическим развитием и общим состоянием организма позволит сделать новые шаги в поисках путей влияния внешних условий формирования той или иной формы рефракции, а тем самым и способов наиболее эффективной профилактики близорукости.

Литература

1. *Белостоцкая Е. М.* Материалы к вопросу о влиянии ряда факторов на развитие близорукости в школьном возрасте // Тезисы докладов научной сессии Института им. академика В. П. Филатова (24–27 июня 1959 г.). Одесса, 1959.
2. *Березинская Д. И.* Некоторые сведения о рефракции, профессии и профотборе // Юбилейный сборник к 40-летию академика М. И. Авербаха. М.—Л.: Биомедгиз, 1935.
3. *Головин С. С.* Происхождение близорукости по современным взглядам // Клиническая медицина. 1929. № 23–24.
4. *Зенкевич П. И.* К вопросу о факторах формообразования длинных костей человеческого скелета // Ученые записки МГУ. Вып. 34. Антропология, 1940.
5. *Зенкевич П. И.* К вопросу о факторах формообразования длинных костей человеческого скелета // Антропологический журнал. 1937. № 1.
6. *Кобозева О. И.* Изменения давления в центральной артерии сетчатки при гипертонической болезни. Дисс. канд. мед. наук. Одесса, 1956.
7. *Левит В.* Зоб // БМЭ. 1-е изд. 1929.
8. *Лозовик В. И.* Об изменчивости рефракции глаз у животных // Тезисы докладов научной сессии Института им. академика В. П. Филатова. Одесса, 1959.
9. *Малиновский А. А.* К вопросу о классификации форм сферической рефракции // Офтальмологический журнал. 1956. № 1.
10. *Малиновский А. А.* Об «анатомическом анализе» в работах проф. А. И. Дашевского // Офтальмологический журнал. 1958. № 5.
11. *Малиновский А. А.* К вопросу о математических методах изучения изменчивости оптического аппарата глаза // Проблемы физиологической оптики. 1958. № 12.
12. *Малиновский А. А.* Некоторые вопросы изменчивости оптического аппарата глаза и проблема близорукости // Труды III съезда глазных врачей Украины, 9–14 июня 1956 г. Киев: Госмедиздат УССР, 1959.
13. *Малиновский А. А.* О некоторых принципиальных ошибках при изучении корреляционных связей между оптическими элементами глаза // Офтальмологический журнал. 1955. № 5.
14. *Малиновский А. А., Скородинская В. В., Ролик Г. Д.* К вопросу о предпосылках развития прогрессирующей миопии // Офтальмологический журнал. 1956. № 4.
15. *Медовиков П. С.* Рахит и его лечение. М., 1927.

16. *Рёмер П.* Руководство по глазным болезням. 3-е издание. Берлин: Врач, 1919.
17. *Рогинский Я. Я.* Закономерности пространственного распределения групп крови у человека (к проблеме антропологии «окраинных народов») // Труды Института этнографин АН СССР, новая серия. Т. 1. М.—Л.: Издательство АН СССР, 1947.
18. *Филатов В. П., Скородинская В. В.* Несколько соображений о путях лечения и профилактики близорукости // Офтальмологический журнал. 1955. № 1.
19. *Хватова А. В., Белостоцкий Е. М., Белостоцкая Е. М.* Состояние зрения школьников в сельской местности в связи с вопросами профилактики близорукости // Труды III съезда глазных врачей Украины, 9—14 июля 1956 г. Киев: Госмедиздат УССР, 1959.
20. *Ходакова Н. М.* О связи миопии с анатомо-физиологическими особенностями организма и с некоторыми отклонениями состояния здоровья // Материалы третьей (зональной) научно-практической конференции по врачебному контролю и лечебной физкультуре, 21—23 мая 1959 г. Свердловск, 1959. Вып. 1.
21. *Холина А. А.* Некоторые данные о коррелятивной зависимости рефракции // Русский офтальмологический журнал. 1926. № 4.
22. *Шерешевский Н. А.* Клиническая эндокринология. М., 1957.
23. *Benoit Alain.* Biotypologie de l'homme myope. Arch d'Opht. T. 18. 1958. № 7.
24. *Knapp A. A.* Vitamin-D complex in progressive myopia. Amer. J. of Opth. Ser. 3. Vol. 22. 1939. № 12.
25. *Laval Joseph.* Vitamin-D and myopia. Arch of Opth. 1938. Vol. 19. P. 47—53.
26. *Novak.* Meine Erfahrungen in Amerika und die Myopiefrage // Klin. Monatsblätter für Augenheilkunde. 1940. Bd. 105. S. 575—583.
27. *Pendse G. S.* Refraction and body-growth // Indian Medical Research Memoir. 1954. Kanpur. № 38. August.
28. *Tikasi Sato.* The causes and prevention of aquired myopia. Tokyo, 1957.
29. *Inze A.* Myopie als Konstitutionallveränderung. Ztschr. f. Augenheilkunde. 1929. Bd. 67. H. 1—2.

РОЛЬ ОБРАТНЫХ СВЯЗЕЙ И СИСТЕМНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В РАЗВИТИИ АУТИСТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ШИЗОФРЕНИКОВ И ШИЗОИДОВ*

I. Введение

В работе, опубликованной в «Проблемах кибернетики» [15], автор, исходя из того факта, что при наиболее простых формах обратных связей (отрицательных или положительных) процессы развиваются по кривым, характерным для каждого типа связей, предложил использовать последние как метод подхода к анализу механизмов развития неинфекционных заболеваний. Одним из таких является шизофрения, а ее типичным проявлением — аутистическое мышление.

Шизофрения является одной из наиболее серьезных проблем современной медицины. Ею заболевают в культурных странах в среднем около 0,85 % населения. До сих пор, хотя в ее лечении и достигнуты известные успехи, радикальных средств борьбы с нею все же нет. Бесспорной в определении этого заболевания является значительная роль наследственности, о чем, в частности, говорят данные близнецового метода. Относительно конкретных форм наследования шизофрении до сих пор ведутся споры; мы их затрагивать не будем. Следует отметить лишь одно: для большинства широко распространенных заболеваний, зависящих от наследственных факторов (в том числе и шизофрении), имеет место не абсолютная наследственная предопределенность, а бóльшая или меньшая предрасположенность — от 100 % проявления (таковы альбинизм, фенилкетонурия и пр.), через частичное предопределение, до слабого предрасположения (например, к раку при определенном сочетании групп крови).

* Источник: [1977 а].

Шизофрения попадает в группу, где наследственный фактор проявляется сильно, но все же определяет вероятность заболевания по разным данным лишь на 40–70%. Остальное определяют какие-то другие, видимо, внешние условия.

Шизофрения, в отличие от ряда врожденных дефектов психики, обычно развивается в период полового созревания на более поздних сроках онтогенеза. Есть, правда, случаи шизофрении у детей — это особенно тяжелые формы заболевания, но и они развиваются не сразу после рождения. Специфических изменений мозга при заболевании не наблюдается, хотя в тяжелых случаях, заканчивающихся полной деградацией личности и слабоумием, отмечаются некоторые рассеянные дегенеративные изменения в головном мозге. В отличие от таких заболеваний, как маниакально-депрессивный психоз, истерия, психастения, при которых, в общем, больной сохраняет, как правило, нормальный интеллект и контакт с окружающими (или периодически возвращается в нормальное состояние), для большинства случаев шизофрении характерно изменение личности, часто — необратимое. При этом у нелеченных больных нередко течение болезни прогрессирует, приводя постепенно к специфическим нарушениям интеллекта, обеднению душевной жизни и, в поздних стадиях, к глубокому слабоумию. Даже в тех случаях, где больной практически выздоравливает, по мнению большинства психиатров, у него остаются те или иные, может быть, и незначительные, изменения личности. При этих общих основных особенностях шизофрении, пути, по которым идет ее развитие, чрезвычайно разнообразны. Шизофрения имеет целый ряд форм, на которых мы не будем останавливаться, поскольку описание их имеется в любом учебнике по психиатрии. По-видимому, все эти формы, различные по проявлениям, имеют определенное единство (не в генетическом отношении, что еще спорно, но по механизмам развития). Вероятность заболевания любой формой заметно увеличивается, даже когда родителями больного являются больные другой формой шизофрении.

Ниже мы постараемся разобраться — с системной точки зрения и исходя из рассмотрения обратных связей — в некоторых существенных причинах, определяющих симптоматику заболевания. При этом, мы, конечно, рассмотрим не все, а только наиболее общие черты, характерные для большинства форм, т. е. исключим из рассмотрения то, что создает специфику отдельных форм.

II. Качественная кривая и обратная связь в развитии шизофрении

Во-первых, остановимся на общем подходе к изучению этиологии (т. е. причин) и патогенеза (механизмов развития) этого заболевания. В одной из предыдущих работ [15] нами был предложен метод, позволяющий если и не решать полностью вопрос об этиологии неинфекционных заболеваний, то ближе подойти к его решению. Коротко говоря, этот метод сводится к тому, чтобы качественно изучить кривую заболевания, ибо каждая форма кривой обычно связана с определенным типом обратных связей, участвующих в развитии данного заболевания. Так, кривая (см. рис. 1; N — норма, P — данный тип патологии), асимптотически приближающаяся к некоторой горизонтали (отличающейся от нормы, но идущей параллельно ей), обычно основана, как и норма, на обратной отрицательной связи, которая стабилизирует состояние. Но, для подобной патологии, благодаря нарушению каких-то параметров по сравнению с нормой, такая связь дает устойчивое отклонение от нее, т. е. вызывает заболевание (именно и заключающееся в стабильном отличии от нормы). К заболеваниям, развивающимся по такой схеме, относятся, например, трофические язвы, в том числе язвы желудка и двенадцатиперстной кишки, нейродермиты, а из психических заболеваний — психастения с неврозом навязчивых состояний. В тех случаях, где мы имеем нарастающую кривую (рис. 2; обозначения те же), мы можем ожидать существования обратной положительной связи. К этой группе заболеваний относится ряд форм шизофрении с нарастающим ходом процесса, гипертония, глаукома и некоторые другие заболевания. Такие заболевания всё же могут в отдельных случаях прекращать свое нарастание при особых благоприятных для

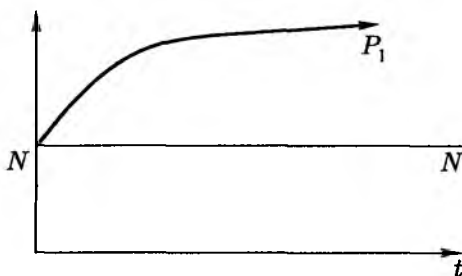


Рис. 1.

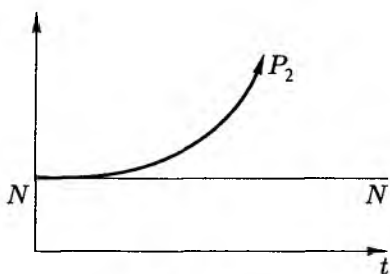


Рис. 2.

большого условиях или же за счет того, что в организме наряду с нарушениями, вызывающими патологические связи, имеются и регуляторные механизмы, им противостоящие.

Тем не менее по преобладающему типу кривой для ряда заболеваний мы можем с большой вероят-

ностью судить об основном типе связей, определяющих патологический процесс этой формы, что позволяет нам исключить из рассмотрения, как менее вероятные, решения, исходящие из других типов связей.

Особенно характерны нарастающие формы кривых для шизофрении, не подвергавшейся лечению, и мы можем предположить с большим основанием, что в основе их лежит обратная положительная связь.

III. Физиологические предпосылки шизофрении

Каковы же причины развития шизофрении, каковы более конкретные ее механизмы? Сначала остановимся на одной попытке подойти к этой проблеме, изложенной (правда, почти мимоходом) Н. Винером в его широко известной книге «Кибернетика» [6]. Рассматривая центральную нервную систему как систему, состоящую из огромного числа различным образом связанных звеньев, он развивает гипотезу, что именно ее размеры (в отношении числа звеньев и последовательных контактов между ними) делают систему не вполне надежной, так как чем больше этих звеньев, тем больше шансов на нарушение нормальных связей между различными частями этой системы. Именно в таком нарушении связей он видит причину развития шизофрении. Он даже высказывает предположение, что дальнейшее увеличение мозга в эволюции человека было бы практически невозможно, так как включение еще большего числа звеньев привело бы и к еще большей ненадежности системы и к нарушениям ее деятельности, т. е. ко всё более широкому распространению шизофрении.

С этим, однако, нельзя согласиться. Во-первых, существуют животные (слоны и китообразные), головной мозг которых по абсолютным размерам значительно превышает

мозг человека (у человека средний вес около 1 400 г, у некоторых китов до 5 000 г). Даже если увеличение размеров связано главным образом не с ассоциативными полями, а с управлением воспринимающими органами и движением, число звеньев в системе, несомненно, возрастает. Однако это не ведет к систематическим нарушениям поведения животных. Здесь (как и у человека) очевидно имеется некая сеть дублирующих связей и регулирующих механизмов. Об этом говорит и тот факт, что иногда весьма существенные травмы мозга у человека не ведут к заметному снижению интеллекта или тем более — к шизофреноподобным нарушениям психики.

Против предположения Н. Винера говорит также тот факт, что, по данным Э. Кречмера [9] и других авторов, именно у шизофреников в среднем размеры головы по сравнению с другими больными — наименьшие. Правда, это можно объяснить тем, что у них меньше и размеры отдельных нервных клеток и, может быть, меньше развита ткань глии, обеспечивающей нормальное функционирование нервной ткани. Но, во всяком случае, это говорит не в пользу гипотезы Н. Винера о том, что причиной развития шизофрении является чрезмерно большое количество звеньев вследствие увеличения числа клеточных элементов в центральной нервной системе. Поэтому необходимо попытаться найти иные пути подхода к данной проблеме. Чтобы разобраться в ней, рассмотрим те физиологические предпосылки и корреляции, которые связаны с развитием шизофрении. И. П. Павлов в конце своей жизни, занявшись психопатологией, пришел к выводу, что шизофрения, в тяжелых ее формах, имеет ряд сходств с фазовыми состояниями, которые наблюдаются у животных в эксперименте при запредельном торможении, вызываемом в основном перегрузкой центральной нервной системы и истощением нервных клеток¹⁾.

Запредельным торможением И. П. Павлов назвал особое состояние центральной нервной системы. Оно возникает тогда, когда чрезмерно сильные раздражения переходят определенный предел и настолько истощают нервную систему, что

¹⁾ Следует заметить, что за последние десятилетия у ряда физиологов развилось негативное (психологически объяснимое, но, несомненно, неправильное) отношение к И. П. Павлову и его работам. Здесь сыграли роль два фактора: 1) чрезмерное внедрение взглядов И. П. Павлова в 50-х гг. во все области физиологии и биологии, справедливо вызывавшее сопротивление; 2) развившаяся клеточная и субклеточная физиология, нужная, но так же не отменяющая прошлых достижений школы И. П. Павлова, как и современная молекулярная генетика не отменяет менделизма.

ей уже грозят разрушительные процессы. Тогда в ответ, вместо той или иной нормальной реакции, протекающей с возбуждением каких-то центров, в коре головного мозга возникает разлитое торможение. Последнее играет защитную роль, предохраняя нервные клетки от патологических изменений. Запредельное торможение отличается от нормального торможения отдельных реакций не только своим разлитым характером. Оно не просто исключает одну определенную реакцию, а извращает все реакции, при этом в разных фазах (т. е. при разной глубине этого торможения) не совсем одинаково²).

Эти фазовые состояния характеризуются рядом симптомов по характеру реакций на разные раздражители. Так, например, в одних фазах как сильные, так и слабые раздражители вызывают одинаковую рефлекторную реакцию (уравнительные фазы). В дальнейшем достигается такое состояние, когда реакция на сильные раздражители оказывается даже слабее, чем реакция на слабые. И, наконец, возникает противоречивая реакция, когда у больных имеется одновременное стремление к выполнению и прямого и обратного действия.

Эти явления наблюдаются на определенных стадиях и в ряде форм шизофрении. Так, например, когда врач протягивает руку такому больному, тот отдергивает свою руку. Когда же врач убирает свою руку, больной, наоборот, ее протягивает.

Можно привести много таких примеров, которые свидетельствуют о большом сходстве симптомов при тяжелых формах шизофрении с рядом симптомов запредельного торможения. Таким образом, независимо от первичных причин заболевания шизофренией проявление их всегда, или почти всегда, связано с процессами запредельного торможения.

Приведем некоторые дальнейшие подтверждения этой гипотезы.

1. Большинство будущих шизофреников рождаются и развиваются долгое время нормально. Многие среди них отличаются высокими способностями. Следовательно, морфологическая структура и первоначальные физиологические функции центральной нервной системы являются нормальными. Действительно, патологоанатомы не отмечают обычно существенных изменений мозга на ранних стадиях шизофрении или при легких ее формах. Лишь при глубокой дегенерации отмечаются рассеянные изменения в головном

² По И. П. Павлову, разлитое по всей коре головного мозга торможение имеет место и при нормальном сне, причем при переходе к нему, особенно у детей, наблюдаются иногда кратковременные фазовые состояния.

мозге. Значит, дело заключается не во врожденном изменении морфологии центральной нервной системы, а в каких-то нарушениях ее функций, до поры до времени не отражающихся на ее строении³⁾.

2. В двадцатых годах Э. Кречмер [9] обнаружил, что шизофрения и маниакально-депрессивный психоз связаны по преимуществу с определенными формами строения тела. Маниакально-депрессивные больные примерно в двух третях случаев оказались по сложению людьми плотными, склонными к полноте (так называемые пикники), и только в одной трети случаев их сложение было иным. Напротив, у шизофреников две трети больных были по сложению астениками, т. е. людьми узкого сложения, тонкокостными, с заостренным книзу лицом и часто с выдающимся вперед носом, обычно со слабо развитыми бородой и обволосением тела (у мужчин), но зато часто с хорошей шевелюрой на голове. Они отличались, как правило, слабо развитой мускулатурой, слабым подкожно-жировым слоем, а также и целым рядом других признаков, которые можно истолковать в целом (включая характерные для них соматические, т. е. общие заболевания) как преобладание в тканях организма процессов диссимиляции над процессами ассимиляции⁴⁾. Это вполне согласуется с предположением И. П. Павлова о том, что шизофрения связана с процессами истощения центральной нервной системы.

3. Среди остальной трети больных шизофренией, относящихся к другим типам конституции (телосложения), сравнительно большое место занимали лица с неправильным развитием, по терминологии Э. Кречмера — «диспластики». Это были люди с эндокринными нарушениями, с исхуданием или уже с патологическим ожирением, с неправильными формами скелета и т. д. Исходя из общих системных соображений, можно сделать заключение, что именно среди этих лиц большинство должны были обладать легко истощаемой

³⁾ Определенные данные указывают на возможную роль повышенной возбудимости нервной системы в развитии шизофрении, как и ряда других психозов. См. ниже о гипотезе Л. В. Крушинского [10], а также работу [20].

⁴⁾ Такое преобладание, конечно, не означает постоянного уменьшения массы клеток и всего организма в целом. Различным (в том числе и этим) отклонениям от нормы противостоят регуляторные механизмы, которые здесь отчасти сводятся к тому, что сначала снижается объем более подвижных («обменных») соединений и наступает равновесие, но уже при меньшей массе этой группы веществ и при меньшей массе клеток в целом. Подробнее о путях формирования указанных вариантов сложения с характерными скоррелированными комплексами морфо-физиологических признаков см. [13, 14].

нервной системой (это относится ко всем так называемым «жестким» системам [15]). Напротив, маниакально-депрессивный психоз при диспластической конституции почти не встречается.

4. Отмечено также, что в случаях, когда шизофренией все же заболевают люди пикнического (плотного) сложения, у них, как правило, шизофрения протекает легче. Это можно истолковать как большую способность восстановления истощенной нервной системы при общих больших ресурсах организма. Данные Э. Кречмера были подтверждены позднее многими другими авторами [1, 2, 9].

5. Сравнительно недавно были получены очень интересные новые подтверждения роли слабой нервной системы как фактора, предрасполагающего к шизофрении. Одной-цевые близнецы, которые имеют совершенно одинаковую генетическую структуру, как правило, одновременно заболевают одними и теми же, хотя бы частично наследственно обусловленными болезнями, в том числе шизофренией. Но в некотором проценте случаев близнецы в таких парах оказываются несходными: один близнец заболел, а другой — нет. Были изучены 15 пар, из которых один близнец болел шизофренией, а другой остался здоровым. Оказалось, что в 13 случаях заболел тот близнец, который при рождении имел меньший вес, т. е., очевидно, находился в матке матери в менее благоприятных условиях. Наследственные данные у него были те же, но в самый решающий период (до рождения) условия развития были менее благоприятными. Это долгое время не сказывалось на психическом здоровье, но, когда наступил период, наиболее вероятный для заболевания шизофренией (что обычно бывает в период созревания или после него), эти неблагоприятные условия сказались. В двух других парах, в которых заболел близнец, имевший больший вес к моменту рождения, автор отметил у последнего тяжелую психическую травму, т. е. фактор, способный самостоятельно вызвать сильное истощение нервной системы, но уже на поздней стадии.

Таким образом, рассмотренные нами корреляции шизофрении со сложением тела, с психической травмой, с весом при рождении, подтверждают заключение И. П. Павлова о роли истощаемости нервной системы в развитии заболевания и особенностях его протекания. Не утверждая, что истощаемость нервной системы является единственной или первичной причиной заболевания, мы можем твердо сказать, что она является типичным условием развития этого заболевания.

6. Сам факт, что заболевание чаще всего начинается в период полового созревания или вскоре после него, говорит также в пользу этого заключения, поскольку созревание связано с увеличенной нагрузкой на нервную систему. В этой связи следует указать на очень интересные данные И. П. Павлова. Известно, что мужской половой гормон, как правило, увеличивает силу нервной системы животных, а кастрация животных с сильной или средней по силе нервной системой приводит обычно к ее ослаблению. Однако экспериментаторы отмечали парадоксальный факт: после кастрации животных с особенно слабой нервной системой, сила нервной системы после операции не падала, а возрастала. И. П. Павлов объяснял это тем, что собственная исходная слабость нервной системы здесь была настолько велика, что воздействие гормонов пола уже не могло ее усилить. Но гормоны пола имеют одновременно и другое действие. Они реализуют не действовавший без них половой инстинкт, который увеличивает нагрузку на нервную систему. Кастрация же освобождала нервную систему от этой дополнительной нагрузки и этим самым позволяла ей несколько усилиться [25–29].

Таким образом, мы можем сделать вывод, что в развитии клинических особенностей шизофрении важнейшую роль играет запредельное торможение (обычно основанное на истощаемости нервной системы), приводящее к дальнейшим нервно-психическим нарушениям.

IV. Особенности мышления больных

Шизофрения, однако, не ограничивается этими симптомами. Другой стороной ее развития является особая форма мышления и чувствования, которую А. Блейлер назвал аутистическим мышлением [4]. Ниже мы остановимся на его особенностях подробнее. Коротко говоря, оно связано со своего рода обращенностью внимания не во внешний, а во внутренний душевный мир и с нарушениями тех процессов мышления, которые свойственны современному здоровому человеку. Блейлер отмечал, что это мышление по некоторым показателям в значительной степени сходно с мышлением первобытных народов (а в некоторых отношениях — противоположно ему). При этом черты аутистического мышления, наблюдаемые у народов примитивной культуры, сильнее выражены тогда, когда эти народы живут в неблагоприятных условиях и отличаются меньшим здоровьем. Это в какой-то мере также указывает на родство аутистического мышления с тем ослаблением функций центральной нервной системы,

которое отмечается при тяжелых формах шизофрении в наиболее выраженных патологических ее симптомах.

Аутизм, по мнению ряда психиатров, является наиболее общим и типичным проявлением шизофрении. Так, С. Ф. Семенов [30] пишет, что аутизм «наиболее полно отражает нозологическую специфику шизофрении, несмотря на всё разнообразие ее клинических проявлений».

Мы будем ниже говорить в основном о тех, более частых формах шизофрении, которые еще Бруханский связывал с «развитием личности». Он различал два типа шизофрении: 1) токсическую, наступающую неожиданно, с полным нарушением сознания, и 2) медленно развивающуюся («развитие личности»). При этом он образно сравнивал психическую деятельность человека с зеркалом, отражающим действительность. В первом случае оно разбивается и после заболевания отражает ее уже в виде разобщенных между собой осколков. Тип же, обозначаемый им как «развитие личности», он сравнивал с медленным изгибанием отражающей поверхности, которая начинает давать неверное, но все же как-то связанное в одно целое отражение действительности. Именно такой характер изменений и типичен для аутистического мышления.

В чем же состоят особенности аутистического мышления? Мы коротко изложим его основные черты. Они интересны своей противоречивостью.

С одной стороны, в этом мышлении, как мы уже говорили, еще Блейлер отметил черты, сближающие его с первобытным мышлением. Последнее позже было хорошо описано Леви-Брюлем [12]. Правда, Леви-Брюль первоначально считал, что это мышление принципиально отличается от современного, что неверно, но впоследствии он сам отказался от такого резкого разграничения.

Что характерно для этого мышления? Каково его отличие от обычного мышления современного культурного человека? В этом мышлении допускается объединение различных явлений и предметов на основе непонятных нам принципов. Так, например, мексиканские индейцы отождествляли утреннюю звезду, маис и оленя. Южноамериканские индейцы бороро утверждали, что они попугай араара. Когда их спрашивали: «Вы происходите от араара?» Они говорили: «Нет, мы сами — араара». Когда их спрашивали: «Вы превращаетесь в араара?» Они говорили: «Нет, мы — просто араара».

Нам это не совсем понятно. Но, очевидно, это отождествление основано на том, что эмоционально для них эти предметы и явления как-то были связаны, а дифференциация их на основании объективных логических признаков не производилась.

Интересным является то, что, например, в этом мышлении представляется возможным присутствие человека одновременно в разных местах. Яркий пример можно видеть в саге древних исландцев о норвежском викинге Фритьофе [8]. Он отправился в плавание, а злой король Хельге призвал двух колдуний погубить его. В море началась буря, но Фритьоф догадался о причине, влез на мачту и увидел, что кругом море спокойное и только вокруг его корабля бушуют волны, а недалеко плывет кит и на нем стоят две колдуньи. Он направил корабль на них и убил их, и в это же время обе колдуньи в Норвегии свалились с волшебного помоста с переломленными спинами.

Целый ряд таких нелогичностей можно законно рассматривать как недостаточное внедрение в общественное мышление элементарных знаний о закономерностях природы. Обобщенно говоря, современный человек должен объединять предметы не по эмоциональным своим побуждениям и ассоциациям, а исходя из логики и накопленного обществом опыта, который, например, показывает, что предмет не может находиться в одно и то же время в разных местах. Но в первобытном мышлении эти запреты еще почти отсутствуют и часто их нет и в раннем детском мышлении.

У шизофреников, в результате развившейся у них психологической изоляции от общества, эти запреты вновь снимаются и, мышление в той или иной мере приближается к первобытному в зависимости от формы болезни, ее степени и конкретных условий, в которых живет или жил больной⁵⁾.

Другая особенность в мышлении шизофреников оказывается парадоксально противоположной. В то время, как у народов с примитивной культурой мышление преимущественно образное, шизофреники мыслят преимущественно словесно и часто на этом основании делают заключения совершенно иные, чем сделали бы мы. Известный психиатр П. Б. Ганнушкин как-то демонстрировал нам больную, рассказывая, что у нее временами «ссыхается спина», она уменьшается, покрывается щитом и превращается в черепаху. Больная хитро посмотрела на него и сказала: «А что, по вашему, этого не может быть? Значит я сумасшедшая? А сумасшедшим все можно!». Это не было шуткой, и сказано

⁵⁾ Последнее интересно иллюстрируется одной деталью в типичном для шизофрении бреде воздействия (бред, когда больному кажется, что на него воздействует кто-то посторонний). В 20-х гг. у большинства малокультурных больных воздействие объяснялось колдовством. С подъемом культуры (30-40-е гг.) большинство объяснений сводилось к гипнозу. Позже часто больные стали говорить о лучах.

было всерьез. Здесь два различных понятия, которые мы вкладываем в слово «можно», ею воспринимались без разделения. Но, например, в английском языке имеется даже два различных слова, соответствующих нашему слову «можно»: «can» и «may», и они имеют различный смысл. Первое слово означает, что имеется физическая возможность что-то сделать, а второе — что что-то разрешается сделать или что действие не наказуется. По-русски, оба эти понятия выражаются одним словом «можно», и больная невольно, под влиянием бреда, подменила один смысл другим. Психически больные не наказываются (им «можно» — «may»), так как они не отвечают за свои действия. Но это, конечно, не значит, что они имеют силы сделать что угодно («can»), так как силы их, как и у всех, ограничены. Здоровые люди умеют различать эти случаи, и мы употребляем одно и то же слово, в зависимости от задачи, по-разному, так как проверяем смысл наглядными ассоциациями.

Первобытное мышление, наоборот, в основном не словесное, а наглядное, и в этом отношении «аутистическое» мышление оказывается уже не сходным, а противоположным первобытному. И этот парадокс необходимо объяснить.

V. Системные особенности психологии при шизофрении

Попробуем подойти теперь к картине шизофрении, исходя из представления о поведении и мышлении как о целостной системе. Мы должны при этом учитывать обоснованное выше положение об истощаемости и ранимости нервной системы, которые достигают максимальных степеней при тяжелых формах заболевания.

Как же должна отражаться истощаемость нервной системы на поведении человека в тех областях, где она еще не приводит его к запредельному торможению? У человека с более слабой нервной системой еще до наступления разлитого запредельного торможения уже легче происходит торможение отдельных реакций. Например, слабый в нервном отношении человек, выступая перед аудиторией, которая приняла его недружелюбно, как правило, будет в дальнейшем избегать новых выступлений, и его стремление поделиться своими мыслями будет заторможено страхом, чувством напряжения, утомления и т. д. Человек же полнокровный, напротив, скорее пойдет в бой, будет отстаивать свои идеи, выступать снова и снова. Здесь нам, конечно, приходится в известной мере экстраполировать на психику человека то,

что получено в опыте на животных, как это с основанием делали в аналогичных случаях и физиолог И. П. Павлов, и психиатр Э. Кречмер (см., например, работы Павлова и Кречмера об истерии), и ряд других исследователей.

Что происходит с ранимым и склонным к торможению человеком? У него происходит жесткий отбор поведенческих реакций. Представление об отборе в нервной системе, т. е. об отборе идей и реакций, давно было развито рядом авторов, в частности К. А. Тимирязевым [32] (отбор идей), А. А. Богдановым [5] («гедонический отбор») и др. [35]. В данном случае и мы имеем дело с подавлением всех реакций, увеличивающих те соприкосновения с внешним миром, которые воспринимаются индивидуумом как неблагоприятные. Ясно, что чем более слабой нервной системой обладает человек, тем больше контактов с внешней средой, воспринимаемых им как перенапрягающие и ранящие его. Он постепенно сокращает свое соприкосновение с окружающими лицами, поскольку многие из них, вольно или невольно, его травмируют. Происходит то, что происходит с куском камня в море. У последнего выдающиеся углы ударяются всего чаще и отбиваются, благодаря чему камень постепенно превращается в гальку со сглаженными контурами и с наименьшей поверхностью при данном объеме. То же происходит и в случае торможения реакций с ранимым человеком. Его поверхность соприкосновения с внешним миром сводится к минимуму, создавая типичное для шизоидов снижение контактности, которое однако может долго еще не мешать богатству внутренней жизни. Но социальные связи в значительной степени рвутся, чем и объясняется исчезновение выработанных культурой ограничений в мышлении.

Все наши знания связаны с определенными ассоциативными элементами. Каждое слово имеет много ассоциаций [23], которые позволяют по-разному пользоваться этим словом в разных случаях. Пример этому мы уже видели в отдельном слове «можно». Это слово мы употребляем по-разному, в зависимости от того, как оно выступает в разных ситуациях в связи с разными ассоциациями. Но при повышенной тормозимости эти ассоциации, окружающие слово, отпадают, и дифференциация многозначных слов становится затруднительной. При этом мышление словами сохраняется как наиболее экономное и менее истощающее.

Далее, человек полнокровный, с большим интересом к внешнему миру, с большим запасом сил, интенсивно и охотно набирает богатую информацию из внешнего мира, воспринимая ее без больших усилий. Напротив, у людей

с истощаемой нервной системой процесс запоминания происходит труднее, и легче фиксируются надолго в сознании, легче вспоминаются факты, связанные между собою в какую-то систему. На этом основана мнемоника — учение о запоминании. Любая гипотеза, любая схема является не только полезной, как объяснение явлений, но благодаря связующей роли в отношении ряда фактов она ценна и как метод для запоминания; она играет мнемоническую роль для шизоидов, т. е. лиц здоровых, но несколько более близких по типу к шизофреникам. Поэтому у таких лиц часто отпадают все непрочно связанные элементы информации и сохраняются преимущественно те, которые связаны между собой в какие-то схемы и гипотезы.

Эта черта и отмечается рядом авторов, и в первую очередь Э. Кречмером, как характерная для шизоидов и для сохранивших ясное сознание шизофреников. Такая схематизация способствует и развитию типичного узконаправленного фанатического характера, что тоже часто выступает как типичное для шизоидов явление. Но, главное, что происходит при развитии уже описанного патологического процесса, — это потеря социальных связей. Социальные связи позволяют человеку исправлять свое поведение и свои представления, исходя из исторически сложившихся взглядов, из мнений окружающих и из окружающей среды. Между тем уменьшение связей с окружающей средой, и в первую очередь социальных, снимает этот контроль или делает его очень слабым. Иногда, правда, редко, этот же процесс отбрасывания менее прочных условных связей и ассоциаций, как это ни парадоксально, может приводить и к более точным суждениям. Интересно сравнительно недавнее наблюдение И. М. Фейгенберга [33]. Он обнаружил, что у определенной, довольно большой категории больных шизофренией отмечается нарушение вероятностного прогнозирования, типичного для здорового человека. Мы подсознательно систематически прогнозируем вероятные предстоящие события, оценки предметов и т. п. в зависимости от восприятий настоящего момента, привычных ассоциаций и т. д. Так, если вы сидите в комнате, заполненной людьми, неожиданное прикосновение к вашему плечу человека, подошедшего сзади, вас не беспокоит и вы просто поинтересуетесь, кто к вам подошел. Но такое же прикосновение в пустой комнате, где вы сидите за работой и не заметили, как кто-то вошел, зачастую заставит вас вздрогнуть, а некоторых даже серьезно напугает.

Фейгенберг проводил опыты с больными и здоровыми людьми, наблюдая, как они оценивают сравнительный вес

двух предметов. Предъявлялись два сходных предмета разной величины, например, два цилиндра, по виду кажущиеся сделанными из одного и того же материала, один большего, а другой меньшего размера, но тем не менее одинакового веса. Здоровые люди, неожиданно обнаружив, что большой цилиндр легче, чем это ими предполагалось, оценивали его как более легкий, чем цилиндр меньшего размера. Здесь вероятностное прогнозирование вводило их в ошибку. Напротив, большинство больных шизофренией этой ошибки не делало и правильно оценивало оба цилиндра как имеющие одинаковый вес. Фейгенберг объяснил это расхождение как результат нарушения способности к вероятностному прогнозированию. Потеря такой способности также явно связана с утратой ряда условных связей (размер — вес), менее прочных, чем другие, но полезных в большинстве случаев жизни (хотя именно в данном случае они и приводили здоровых людей к ошибочным заключениям). Здесь мы также видим подтверждение селекции условных связей у шизофреников, которая приводит к утрате менее прочных из них, меньше затрагивая более прочные.

Как видно, дело не ограничивается только социальными связями. И это имеет большое значение для картины заболевания. Сокращение «поверхности соприкосновения» с внешней средой увеличивает легкость возникновения бредовых идей, иллюзий и галлюцинаций и другим путем. В нашем восприятии внешнего мира мы лишь редко, в виде исключения, для опознавания предмета пользуемся более или менее полной информацией о нем. Говоря по телефону, мы идентифицируем говорящего с известным нам лицом по голосу. Но и встречая знакомого на улице, мы, по большей части, узнаем его по немногим признакам — по своего рода «вехам», как зимой по редко расставленным вехам узнают дорогу, засыпанную снегом. Известный скульптор и археолог М. М. Герасимов в своей книге о восстановлении лица по черепу отмечает, что для узнавания лица (например, для опознавания убитого) нужно воспроизвести по черепу не все признаки этого лица, а лишь некоторые, наиболее важные — тоже своего рода «вехи». Если мы слышим нечетко произнесенную фразу, мы тоже восстанавливаем ее по «вехам». Если вех недостаточно, мы, пытаясь уловить значение фразы, иногда невольно подставляем не тот смысл, который в нее вложен, а иной, но все же укладывающийся в те же звуковые вехи, которые мы уловили. В обыденной жизни такие случаи нередки. Характерна в этом отношении шутка, ходившая в свое время в одном театре по поводу довольно талантлив-

вого актера, обладавшего, однако, плохой дикцией. По ходу действия (он играл роль полицейского чина, расследующего преступление) он должен был произнести фразу: «Собрать всех рыжих». Однако зрители на репетиции якобы услышали: «Убрать снег с крыши». Его попросили произнести фразу яснее, и в этот раз услышали: «Раздать всем лыжи». Как видим, наиболее заметные слоги с ударной гласной очень похожи во всех трех фразах, а остальные различаются больше и легко достраиваются в уме плохо расслышавшим их слушателем по своему произволу.

Но недоучет всех элементов воспринимаемого объекта может объясняться не только недостатками восприятия, но и понижением внимания. При обращенности внимания в свои переживания (аутизм) из окружающего мира улавливается лишь немного и при этом то, что наиболее интересует больного. В начале сороковых годов врач М. ехал на метро с больным шизофренией Б. Последний, выйдя из вагона, обратился к врачу: «Вы видели номер вагона? Он был 913!» (цифры 9 и 13 имели для больного особое символическое значение). Но врач сказал: «Нет, номер был 139.» Это действительно было так: в то время еще не было на линии вагонов с номерами столь большими, как 913. Больной же отметил лишь то, что было ему важно — наличие этих цифр (9 и 13), а их порядок его не интересовал и он легко его перепутал. Однако, воспринявши номер неправильно, далее уже он настаивал на правильности своего восприятия, пока не убедился, что таких номеров еще вообще нет. Случай сам по себе незначительный, но очень характерный. Сокращая свое восприятие внешнего мира, больной избирательно пользуется лишь немногими «опорными» вехами в восприятии. А так как их число резко снижено (за счет снижения внимания к внешнему миру), то он легко достраивает воспринятое соответственно своим уже созданным психологическим конструкциям, например, отождествляя различные лица по немногим сходным чертам, согласно развившемуся бреду преследования (который в этом отождествлении получает дальнейшее подтверждение и развитие), или принимая случайно упавший блик от закрываемого в соседнем доме окна за живое существо, за таинственный луч и т. д. Здоровый человек также поддается таким иллюзиям, но легко их исправляет как благодаря собственной критичности, которая основана на воспринятых от общества принципах, так и благодаря сразу же пущенному в ход механизму расширения данных восприятия, чтобы выяснить, как произошло событие, противоречащее здра-

вому смыслу. Так, кандидат наук А. сообщил следующий случай ошибочного восприятия. Поздно возвращаясь домой, он обычно раздевался в темноте, чтобы не разбудить мать, спавшую в соседней комнате. Одежду он вешал на спинку стула, которую видел как темную полосу на фоне стены, немного освещенной из окна («веха»). Однажды, когда он вешал одежду, она неожиданно упала на пол. Оказалось, что А. принял за спинку стула тень от перекладки на окне (упавшую на стену), так как в темноте было трудно оценить расстояние. Больной же, не склонный к критике, мог бы истолковать падение одежды любым образом, соответствующим его бредовым образованиям.

Что же получается? Все приобретения, которые характерны для современного цивилизованного человека, если они не соответствуют внутренним побуждениям личности у больного, легко теряются, так как отклонения от нормы уже не подвергаются надлежащей коррекции. Более того, ограничение восприятия меньшим числом вех способствует развитию и укреплению возникших по другим причинам бредовых представлений, иллюзий и галлюциноидов. Это облегчает возвращение мышления на те стадии, которые характерны для раннего детского возраста, сходные и с мышлением человека на примитивных стадиях развития общества.

Коротко говоря, с одной стороны, разрыв связей со средой, как результат ранимости и тормозимости, в какой-то степени приводит как бы к возврату к первобытному мышлению, отличающемуся от нашего меньшим числом логических запретов.

Но, с другой стороны, трудность сохранения многих ассоциаций и отбрасывание всего, что загружает память и психику дополнительной, трудно сохраняющейся информацией, уменьшает и богатство наглядных представлений, сохраняя, однако, наиболее экономную форму мышления, а именно — словесную или различного рода символическую. Поэтому и получается такое сочетание как бы несовместимых особенностей мышления: во-первых, возврат человека к мышлению, близкому по закономерностям с первобытным, со снятием с него ограничений, наложенных цивилизацией. А во-вторых, необходимость экономии нервной энергии приводит к переходу на чисто словесное мышление, которое, в известных пределах, типично для развитой цивилизации и является в науке очень продуктивным, но, с дальнейшей, чрезмерной потерей ассоциативных связей, становится уже неадекватным реальности, так как не подвергается проверке необходимыми богатыми наглядными ассоциациями, характерными для

словесного же мышления, но у здорового человека. Как мы видим, единым физиологическим механизмом истощаемости и тормозимости объясняются оба явления: и частное возвращение к древним формам мышления, и переход к наименее наглядным механизмам мышления, т. е. к чрезмерно обнаженным словесным и символическим его формам.

С этим сопряжено еще одно важное обстоятельство. Все бредовые идеи, которые возникают у шизофреников, практически не поддаются коррекции. Ни воздействие окружающих, ни влияние врача не способны, как правило, разубедить больного в неверности самых фантастических его представлений, благодаря чему большинство психиатров давно отказалось от попытки лечить больных такого рода психотерапией, т. е. убеждением и разъяснением характера болезни.

Таков результат того же физиологического фактора, который так разнообразно сказывается на всей психической структуре больного в области мышления и в области поведения, не поддающегося исправлению и лечению обычными методами. До известных пределов, на первых стадиях (у шизоидов) этот процесс частичного еще освобождения от внешних влияний может иметь даже положительное значение, так как не слишком далеко зашедшая психологическая изоляция создает условия для оригинальных умозаключений и творческого мышления, не слишком подавленного общепринятыми, банальными представлениями⁶⁾. Но далее, когда благодаря возросшей изоляции от внешнего мира начинаются нарушения уже более глубокие и снимаются обоснованные логические запреты, предупреждающие произвольные формы мышления, происходит вмешательство в умственные процессы эмоций и случайных ассоциаций, не регулируемых внешними воздействиями. Последнее приводит уже к болезненным явлениям. Больной приходит в противоречия и конфликты как с окружающими людьми, так и с фактами реальной действительности. Это, естественно, его травмирует, что вызывает новое напряжение, новый повод для истощения нервной системы, а последнее еще больше обостряет патологические процессы, приводя к дальнейшим нарушениям поведения и мышления. Получается то, что мы должны назвать обратной положительной связью (которую врачи часто называют «порочным кругом»), усиливающей патологический процесс. Болезнь прогрессирует и может привести больного к полной деградации.

⁶⁾ Здесь вспоминается известная фраза Нильса Бора об одной предложенной идее, что эта идея, конечно, сумасшедшая, но неясно, достаточно ли она сумасшедшая, чтобы реально разрешить проблему.

Короче говоря, физиология нарушает поведение и психические процессы. Это нарушение ведет к явным или скрытым конфликтам, последние — снова к ухудшению физиологического состояния и т. д. по схеме: нарушения физиологии $\begin{matrix} \leftrightarrow \\ + \end{matrix}$ психологические нарушения (подробнее см. рис. 3).



Рис. 3.

Таковы, по-видимому, механизмы, играющие большую роль в развитии шизофрении, где физиологические и психические нарушения стимулируют друг друга, создавая, благодаря обратной положительной связи, ту, характерную для нее нарастающую кривую развития заболевания, о которой мы говорили в начале работы.

VI. Предварительные выводы и иллюстрации

Таким образом, исходя из изложенного, мы можем сформулировать следующую схему развития шизофрении.

Ослабленная нервная система с повышенной истощаемостью приводит к нарушениям психики и неадекватным реакциям на внешние факторы. Неадекватные реакции в свою очередь вызывают конфликты со средой, а конфликты со средой усиливают истощение нервной системы, являющееся важным условием развития болезни. В конечном счете каждое звено воздействует на другие и стимулирует через них само себя.

Однако, как сказано было выше, эта схема пригодна для заболеваний средней и малой тяжести. При заболеваниях особенно тяжелых, основанных на очень большой физиологической слабости, вторичное нарушение соотношения со средой (социальный момент) уже не является существенным фактором, стимулирующим дальнейшее развитие болезни. Здесь даже минимальных соприкосновений с самой благоприятной внешней средой вполне достаточно для развития запредельного торможения и всей картины, с ним связанной. Более того, возможно, что в этих случаях запредельное торможение возникает слишком поздно и не может сыграть в достаточной мере охранительной роли, не может помешать дегенеративным процессам в нервных клетках.

Возвращаясь к тем случаям, для которых характерна приведенная схема, мы можем сказать, что в ряде случаев врачебное вмешательство вполне возможно, как возможна и психическая профилактика. Характерны слова одной больной, курировавшейся психологом А. Р. Лурия, о том, что если бы предрасположенные к болезни лица знали смысл явлений, ведущих к патологии, то больных было бы гораздо меньше. Это, безусловно, верно и не только для предупреждения заболевания, но в настоящее время и в отношении психотерапии.

Дело в том, что конфликтные ситуации со средой у человека, еще не заболевшего, но склонного к болезни, в значительной степени зависят от определенных психологических, т. е. по существу социальных установок.

Приведу два противоположных случая заболеваний, однако, одинаково иллюстрирующих это положение.

Больная М., 42-х лет, заболела в 35-летнем возрасте (речь идет о больной, наблюдавшейся в стационаре в 1932 г.). По происхождению дочь помещика, она после революции жила с матерью. Замуж не вышла, работала машинисткой. В картине болезни был характерный бред, связанный с идеей преследований, галлюцинациями. Кроме того, больная считала, что она может по желанию переноситься в другие места с целью увидеть своих знакомых и родственников. Наконец, заболевание осложнялось и фобиями: страхом перед острыми предметами и боязнью пространства. Больная не могла без сопровождения переходить открытое пространство, даже в пределах большой комнаты. Этот симптом был выражен то сильнее, то слабее. Кроме того, она доверяла не всякому сопровождающему ее и, в частности, она не могла передвигаться с помощью своей матери. В прошлом были неоднократные попытки самоубийства. Нетипичной для шизофрении была некоторая сохранившаяся способность к контакту с врачом. В логике присутствовали частые для шизофреников противоречия: больная, с одной стороны, считала, что она не имела права занимать место в больнице, так как она

здоровая, а с другой стороны, считала свое состояние безнадежным вследствие неизлечимости болезни.

С данной больной врачу удалось добиться контакта (что является исключением для таких случаев) и путем психотерапии изменить ее поведение, нарушив ее обращенность в глубь своих переживаний (аутизм), уговорить ее тренировать себя на наблюдении внешних объектов и на преодолении агрофобии (боязни пространства). Постепенно, за пять месяцев лечения, после семи лет заболевания больную удалось вернуть к нормальному состоянию. В стационаре врач уделял ей не менее двух дней (полного рабочего дня) в неделю для занятий. В дальнейшем, когда она выздоровела, прекратились бред и галлюцинации, она вернулась домой и несколько лет находилась в удовлетворительном, работоспособном состоянии. Исчезли страхи. При посещении ее на дому врачу удалось выяснить несколько обстоятельств, предшествовавших и способствовавших заболеванию.

Мать больной, бывшая помещица, оказалась чрезвычайно властной и агрессивной женщиной, которая о 42-летней дочери говорила: «Моя Маруся никогда не посмеет сказать слово любовь». В доме всегда была конфликтная ситуация. Затем больная рассказала врачу, к которому чувствовала благодарность и доверие, более подробно предшествующую историю жизни. Мать заставляла ее посещать дантиста, который был больной очень неприятен, и однажды изнасиловал ее, тогда еще молодую девушку. С точки зрения больной она после этого уже не могла выйти замуж, хотя у нее был человек, которого она любила, и при нормальных условиях она могла бы надеяться на брак с ним. В дальнейшем (в возрасте 35 лет) к постоянным травмирующим моментам (сознание собственной неполноценности и тяжелая обстановка в доме) добавилась огромная перегрузка на работе, которая и привела непосредственно к первым проявлениям болезни, в дальнейшем развившейся и систематически приводившей ее в клинику.

Здесь совершенно ясно выступает роль травмирующих моментов и истощающей работы, которая была последним звеном, выведшим нервную систему больной из нормы. Психологически понятны и те формы фобий, которые у нее развились: боязнь ходить одной была вызвана, очевидно, тем, что ее несчастье произошло именно благодаря отсутствию сопровождающего лица. А с другой стороны, довольно прозрачна и психологическая связь боязни острых предметов с постигшим ее несчастьем. Также совершенно понятно, почему у больной не было доверия к матери, поскольку именно мать послала ее к зубному врачу, который искалечил ее жизнь.

В описанном случае, благодаря тому, что у больной сохранилась редкая для шизофреника, хотя и небольшая, степень контактности, удалось добиться обратного хода процесса путем создания ей социально правильных установок.

Случай этот очень редкий, но тем не менее очень показательный в отношении роли психологических установок,

которые могут быть не только профилактически полезны, но и иметь лечебное значение.

Другой случай — больная Л. астенического сложения, но до определенного момента совершенно без каких-либо явных проявлений психопатичности. Способная художница, окончившая специальный институт. В возрасте около 23 лет она попала под влияние своей подруги, которая внушила ей убеждение в их исключительности, уговорила ее порвать контакты с подругами и друзьями и создала ей эгоцентрические установки и убеждение, что для лиц такого уровня допустимы и нарушение моральных норм, и пренебрежение к своему физическому состоянию. В результате Л. изолировалась от окружающих и, желая добиться исключительного профессионального успеха, работала с огромным напряжением, не заботясь о сне и питании, поддерживая по ночам бодрое состояние огромными дозами кофе. В это же время она встретила с молодым человеком, по-видимому, весьма авантюрного типа, который рассчитывал на ее материальную поддержку, а затем, убедившись, что для этого нет оснований, отошел от нее. Психическая травма была очень сильной. У Л. развился бурный процесс, приведший ее в клинику с бредом и с бесспорным диагнозом шизофрении. Попытки лечения инсулиновыми шоками дали незначительное улучшение и, в то же время, сильно психически травмировали больную, так что в общем она не вышла полностью из своего состояния. Психотерапия не проводилась, и, как свидетельствует 10-летнее наблюдение, болезнь приобрела хронический характер.

В этом случае мы видим, как одновременное нарушение психологических установок, приводящее к самоизоляции, т. е. к разрыву социальных связей, сочетавшееся с неправильным физиологическим режимом, подготовило почву для заболевания, которое было, по-видимому, спровоцировано переживаниями, основанными на неудаче в личной жизни. Заболевание также было в значительной степени обусловлено возросшим (в результате неверных социальных установок и последующей психологической самоизоляции) непониманием реальной ситуации и характера любимого человека.

Здесь можно предположить, что при правильных предварительных психологических установках заболевания можно было бы избежать, тем более что наследственных предпосылок ни со стороны отца, ни стороны матери обнаружено не было.

Приведенные случаи иллюстрируют развитые выше положения о роли социально-психологических факторов в развитии шизофрении, которые взаимодействуют по типу обратной положительной связи с физиологическими предпосылками этого, столь широко распространенного психического заболевания.

Следует заметить, что изложенные данные, свидетельствующие в пользу значительной роли в развитии шизофрении запредельного торможения (и чаще всего лежащей в его основе истощаемости нервной системы), проливают свет и еще на один существенный аспект в исследовании этого заболевания. Ряд авторов, особенно В. П. Эфроимсон, считают, что шизофрения (как и ряд других заболеваний) в наследственном отношении вероятно может быть обусловлена мутациями не одного гена (т. е. локуса), а целого ряда различных генов. В генетике такие, расположенные в различных хромосомах (или разных местах одной хромосомы) гены, мутации которых вызывают сходный эффект, называют генами, копирующими друг друга или, проще — генокопиями. Известно много таких генокопий для признаков наиболее популярного генетического объекта — мухи дрозофилы, где есть генокопии по окраске глаз, тела и по другим признакам.

В медицинской генетике также известен целый ряд генокопий. Например, пигментное перерождение сетчатки может быть вызвано по отдельности не менее чем пятью (а вероятно, даже не менее чем восемью) генокопирующими друг друга мутациями. При этом часть из них наследуется рецессивно, другие — доминантно, а есть случаи и сцепленного с полом наследования. На роль генокопий одним из первых, в свое время, указал известный советский невропатолог С. Н. Давиденков [7]. При этом симптомы заболевания при определении его различными генокопиями в разных семьях могут быть идентичны, а наследование обуславливается мутациями совершенно различных генов.

Исходя из изложенных данных о шизофрении, нетрудно прийти к выводу о том, что действительно может существовать много генокопий, которые в равной степени могут вызвать сходные симптомы этого заболевания. По существу мы уже говорили на сходную тему, когда рассматривали вопрос о том — почему у шизофреников наряду с нормальными конституциями, в первую очередь с наиболее распространенной у них астенической конституцией, часто встречаются также различные дисгармоничные формы конституции, которые Э. Кречмер объединил под общим названием диспластиков.

Действительно, если важнейшую роль в этом заболевании играет истощаемость нервной системы и запредельное торможение, то любой фактор, способствующий их возникновению, может способствовать и развитию шизофрении. Но очевидно, что истощаемость нервной системы может возникать под влиянием очень разных причин — целый

ряд различных нарушений обмена клеток мозга будет одинаково лимитировать их работоспособность (принцип слабого звена). К этому же могут привести, вероятно, многие эндокринные нарушения. Наконец, простое количественное несоответствие процессов ассимиляции и диссимиляции с преобладанием последней (что может быть даже при высоком уровне процессов ассимиляции) создадут тот же эффект. Поэтому любая мутация, создающая одно из подобных нарушений, может стимулировать развитие шизофрении.

VII. Некоторые дополнения

Необходимо остановиться еще на двух существенных вопросах. Первый может возникнуть у читателя в связи с трактовкой психологической изоляции шизофреников от социального окружения как результата ранимости и избирательного торможения контактов личности с окружающей средой. Известно, что многие больные шизофренией бывают очень активны и отнюдь не замыкаются в себе, а ведут себя агрессивно, устанавливая контакты с различными лицами, яростно выступая в защиту своих бредовых представлений и т. д. Не противоречит ли это представлению об их ранимости, о роли торможения и т. д.? Такого противоречия нет.

Дело в том, что на этом этапе развития шизофрении, когда личность нарушена еще не очень глубоко (фазовые состояния еще не играют основной роли), а на первое место выдвигаются нарушения мышления (аутизм), мы имеем дело не с общим торможением, а с избирательным выпадением тех реакций личности, которые более других приводят к психологической травме. И в первую очередь, как говорилось, выпадают те связи, которые корректируют поведение и мышление человека за счет исторически создавшихся логических форм мышления. Создается своего рода частичная изоляция личности от влияния общественных форм сознания. Но эта изоляция односторонняя. Больной не поддается влиянию критики извне. Однако это не означает, что он не будет сам пытаться воздействовать на других.

Если, иллюстрируя первичный этап разрыва социальных связей, мы привели в пример лектора, который после неудач будет избегать публичных выступлений, то далее, при более полном разрыве социальных связей, личность уже приобретает внутреннюю защиту от таких неглубоких травм. Реальные воздействия извне многими (но не всеми) больными воспринимаются как несущественные, теряется чувство неловкости,

критика в большинстве случаев воспринимается как необоснованная, даже злостная, с которой отгородившийся от нее больной может не считаться. Зачастую повышается активность больного и он особенно легко идет в бой за пропаганду своих бредовых идей, уже защищенный от «врагов» выработанной броней внутреннего пренебрежения к любым логическим и эмоциональным протестам окружающих.

К этому следует добавить лишь немного. Л. В. Крушинским еще в 30-х гг., исходя из своих экспериментов на животных, была разработана концепция, касающаяся проявления наследственно обусловленных особенностей высшей нервной деятельности у человека, в частности — проявления его специфических способностей и патологических черт [10]. Не излагая ее здесь детальнее (она изложена в статье А. А. Малиновского [19]), укажем, что суть ее заключается в том, что и патологические и нормальные наследственные особенности психологии могут не проявляться в случае понижения спонтанной возбудимости нервной системы и, напротив, особенно ярко выявляются при повышении этой возбудимости. На этом основании Л. В. Крушинский уже в самом начале 30-х гг. выдвинул рекомендацию лечить ряд психических заболеваний снижением общей возбудимости больных. Рекомендация эта позже, независимо от его высказываний, была осуществлена в лечебной практике. В отношении шизофрении это положение особенно существенно, так как повышение возбудимости и неизбежно легче ведет к истощению нервной системы и, одновременно, объясняет часто наблюдающуюся высокую активность больных, а также (до развития заболевания) нередко проявление тех или иных специфических способностей.

VIII. Проблема терапии шизофрении

Возвращаясь к основной проблеме, следует сделать некоторые выводы, которые имеют значение для терапии. В настоящее время терапия шизофрении проводится почти исключительно с помощью фармакологических средств. Это ясно видно и по характеру публикуемых работ. Так, например, в большом сборнике, посвященном шизофрении [34], имеется обширный раздел, посвященный фармакотерапии, но нет ни одной статьи, посвященной психотерапии. Подобное положение основано, с одной стороны, на том, что в прошлом, до эпохи развития фармакотерапии шизофрении, попытки психотерапии почти никогда не имели успеха и,

с другой стороны, на несомненно больших успехах, достигнутых в последние десятилетия в области фармакологической терапии шизофрении.

Однако, несмотря на успехи фармакологической терапии, приходится признать, что в большом проценте случаев излеченные больные опять возвращаются в клинику с тем же диагнозом⁷⁾.

Если учесть все сказанное выше, то это и понятно. Фармакологическое вмешательство не устраняет ни наследственных биологических задатков, ни психологических установок, которые, складываясь в единую систему, уже привели больного в клинику. Действие фармакологических средств можно сравнить с помощью человеку, соскользнувшему с ледяной горы; его подняли снова на прежнюю высоту, но не закрепили там, и он снова вынужден скользить вниз. Больной в лучшем случае возвращается в то состояние, в котором он был до заболевания. Поэтому естественно, что больной часто, под влиянием тех же предпосылок, снова оказывается во власти болезни.

Неудачи психотерапии шизофрении в прошлом, как говорилось выше, были обязаны разрыву социальных связей, создающему недоступность больного для психотерапевтических воздействий. Между тем благодаря успехам фармакологического лечения именно это препятствие теперь устраняется. Больной на определенное время, иногда надолго, восстанавливает свой контакт с окружающей средой и становится доступен психотерапевтическим воздействиям. Биологические факторы, предрасполагающие к заболеванию, в частности генетические, в настоящее время мы исправить не можем; но, учитывая, что в развитии шизофрении, как правило, принимает участие существенный психологический фактор (в виде первоначальных или нарушающихся позже социальных и индивидуально-психологических установок), оказывается возможным, в открывшийся, благодаря фармакотерапии, светлый промежуток контактности, воздействовать именно на это важнейшее звено патологического процесса и сделать доступное выздоровление необратимым. О том, что это вполне реально, говорит тот факт [3], что из выздоровевших больных, как поступившие на производство, так и занимающиеся трудотерапией больные, дают меньший процент ранних обострений и рецидивов (22,1 %

⁷⁾ Так, согласно отчетам Ленинградского областного психоневрологического диспансера, из числа лиц, выписанных из психиатрического стационара области, в течение первых пяти лет возвращаются обратно 79 % больных [3].

при трудотерапии) по сравнению с не занимающимися такой терапией (48 %). Это естественно, так как в трудотерапии имеется один из важных элементов психотерапии: систематическое принудительное привлечение внимания к явлениям внешнего мира⁸⁾. Однако понятно, что это — лишь часть того большого комплекса психологических мероприятий и влияний, которые должны быть включены в психотерапию. С практической точки зрения применение психотерапии (в первую очередь так называемой рациональной⁹⁾) к такой многочисленной категории больных, конечно, потребует первоначально несколько больших усилий и затрат (увеличение числа лечащих врачей для уменьшения их загруженности, не говоря уже о строгом подборе их по личным особенностям и об их дополнительной подготовке). Однако, если это приведет к значительному последующему сокращению рецидивов, т.е. не только к возвращению к полезной деятельности многих членов общества, но и к снятию с государства части огромных затрат на содержание и обслуживание больных, то, можно думать, такие затраты окупятся сторицей.

IX. Резюме

Какие же выводы можно сделать из всего изложенного?

1. Исходя из качественного характера кривой большинства нелеченных случаев шизофрении, можно сделать вывод, что в основе хода этого заболевания лежит положительная обратная связь каких-то участвующих в нем компонентов.

2. Ряд коррелятивных связей шизофрении (с типами конституции, с типичным возрастом заболевания, с весом при рождении у дискордантных монозиготных близнецов, с провоцирующими факторами и т. д.) подтверждает аргументацию И. П. Павлова в пользу существенной роли истощения центральной нервной системы, запредельного торможения и фазовых состояний в ее развитии.

3. Все основные психологические черты сохранивших сознание шизофреников и выраженных шизоидов (аутизм, с характерным частичным возвратом к закономерностям первобытного мышления, но с преобладанием словесных

⁸⁾ Автор работы [3] справедливо отмечает, что различия между работающими на производстве и не работающими отчасти объясняются тем, что работают лица, достигшие более полного выздоровления. Но это, видимо, меньше относится к занимавшимся трудотерапией.

⁹⁾ Рациональной называется терапия, действующая на рассудок, в отличие от суггестивной, действующей путем внушения.

и символических элементов, с тенденцией к схематизму и т. д.) хорошо объясняются единым образом как системные изменения под влиянием повышенной тормозимости определенных, менее устойчивых форм поведения, ассоциаций и т. д. Эти системные изменения приводят в первую очередь к разрыву социальных связей во внешнем поведении (что делает невозможным и психотерапевтическое воздействие), к утере ряда социально приобретенных ограничений, типичных для современного реалистического мышления и т. д.

4. Возникающие таким образом психологические особенности, если они перешли определенную границу, создают конфликтные ситуации для центральной нервной системы при соприкосновении со средой, что усугубляет физиологические нарушения того же типа (т. е. тенденции к жесткому отбору реакций и, далее, к запредельному торможению).

5. Таким образом, создается именно та обратная положительная связь (нарушения физиологические $\xrightarrow{+}$ нарушения психологические), на которую указывает типичная для тяжелых нелеченных случаев шизофрении нарастающая кривая болезни.

6. Современные фармакологические методы лечения шизофрении, успешно выводя больного из патологического состояния, не устраняют постоянно действующие причины, приведшие его в это состояние. Благодаря этому огромный процент больных (до 80 %) в последующие годы возвращается вновь в стационар.

7. Поскольку в процессе развития наиболее многочисленной категории заболеваний (не наибольшей тяжести) активно участвует психологическое звено, то в ряде случаев принципиально возможно разорвать патологическую систему обратной положительной связи, воздействуя на это звено психотерапевтическими методами. Это возможно в настоящее время благодаря тому, что фармакологические воздействия, хотя бы временно, восстанавливают контактность больного, что делает больного доступным для психотерапевтических воздействий.

8. Такой разрыв обратной положительной связи может во многих случаях воспрепятствовать возникновению рецидивов заболевания.

9. Отказ от психотерапии при шизофрении является результатом традиции, возникшей тогда, когда не было фармакологических средств, позволяющих, хотя бы временно, восстановить способность больного к глубокому контакту с врачом. Теперь эта традиция по инерции еще сохраняется.

Но она потеряла свое основание, и психотерапия (преимущественно рациональная, так как суггестивная противопоказана при шизофрении) должна быть введена в практику на втором этапе терапевтических мероприятий.

10. Затраты и трудности, связанные с предлагаемым введением психотерапии после фармакологического этапа лечения, в случае успеха такой психотерапии, должны с избытком окупиться за счет сокращения расходов на содержание больных в стационаре и за счет возвращения бывших больных к общественно полезной деятельности.

Литература

1. *Андреев Ф. А.* К учению о конституции человека // Труды VII съезда российских терапевтов. М., 1925.
2. *Андреев М. П.* Взаимоотношения психического склада и сложения // Работы психиатрической клиники Казанского государственного университета. Т. 1. Казань, 1926.
3. *Бажин А. А.* О частоте регоспитализаций и некоторых вопросах их предупреждения у больных шизофренией // Труды Московского НИИ Психиатрии МЗО РСФСР. Т. 70. Сб. «Шизофрения». М., 1975.
4. *Блейлер А.* Аутистическое мышление. Одесса, 1929.
5. *Богданов А. А.* Всеобщая организационная наука (Тектология). Берлин: Издательство Гржебина (на русском языке), 1922.
6. *Винер Н.* Кибернетика или управление и связь в животном и машине. Гл. VII. 2-е изд. М.: Советское радио, 1968.
7. *Давиденков С. Н.* Эволюционно-генетические проблемы в невропатологии. Л.: Издательство Государственного института для усовершенствования врачей, 1947.
8. Древнеисландская сага о Фритьофе Смелом. Приложение 2-е в книге Э. Тегнера «Сага о Фритьофе; Аксель». Издательство Academia, 1935.
9. *Кречмер Э.* Строение тела и характер. 2-е изд. М.—Л.: Госиздат, 1930.
10. *Крушинский Л. В.* Исследование по феногенетике признаков поведения у собак // Биологический журнал. Т. VII. 1938. № 4.
11. *Крюи П. де.* Борьба с безумием. М.: ИЛ, 1960.
12. *Леви-Брюль Л.* Первобытное мышление. М.: Атеист, 1930.

13. *Малиновский А. А.* Физиологические источники корреляции в строении человеческого организма // Журнал общей биологии. 1945. № 4.
14. *Малиновский А. А.* Элементарные корреляции в строении человеческого организма // Труды института цитологии, гистологии и эмбриологии АН СССР. Т. II. Вып. 1. 1948.
15. *Малиновский А. А.* Типы управляющих биологических систем и их приспособительное значение // Проблемы кибернетики. Вып. 4. М.: Физматгиз, 1960.
16. *Малиновский А. А.* Опыт структурного понимания некоторых психофизиологических корреляций // Проблемы исследования систем и структур. Материалы к конференции. М.: Издательство АН СССР, 1965.
17. *Малиновский А. А.* Некоторые вопросы организации биологических систем // Организация и управление. М.: Наука, 1968.
18. *Малиновский А. А.* Структурные пути изучения систем // Философские вопросы биок cyberнетики (материалы к симпозиуму). М.: Издательство АН СССР, 1969.
19. *Малиновский А. А.* К вопросу о путях исследования творческого процесса // Научное творчество. М.: Наука, 1969.
20. *Малиновский А. А.* Пути теоретической биологии. М.: Знание, 1969.
21. *Малиновский А. А.* Проблема взаимоотношения биологических и социальных факторов // Философские проблемы биологии. М.: Наука, 1973.
22. *Малиновский А. А.* Биология человека. М.: Знание, 1973.
23. *Малиновский А. А.* Механизмы формирования целостности систем // Ежегодник «Системные исследования». М.: Наука, 1973.
24. *Малиновский А. А.* Физиология и одаренность // Природа. 1976. № 9.
25. *Павлов И. П.* Проба физиологического понимания симптоматологии и истории. Полное собрание сочинений. 2-е изд., дополненное. Т. III. Кн. 2. М.—Л.: Издательство АН СССР, 1951.
26. *Павлов И. П.* Общие типы высшей нервной деятельности. Полное собрание сочинений. 2-е изд., дополненное. Т. III. Кн. 2. М.—Л.: Издательство АН СССР, 1951.
27. *Павлов И. П.* Проблема сна. Полное собрание сочинений. 2-е изд., дополненное. Т. III. Кн. 2. М.—Л.: Издательство АН СССР, 1951.

28. *Павлов И. П.* Пробная экскурсия физиолога в область психиатрии. Полное собрание сочинений. 2-е изд. Т. III. Кн. 2. М.—Л.: Издательство АН СССР, 1951.
29. *Павлов И. П.* Лекции о работе больших полушарий головного мозга. Полное собрание сочинений. 2-е изд. Т. IV. М.—Л.: Издательство АН СССР, 1951.
30. *Семенов С. Ф.* Аутизм как психобиологическая проблема // Труды Московского НИИ Психиатрии МЗО РСФСР. Т. 70. Сб. «Шизофрения». М., 1975.
31. Системный подход и психиатрия // Сборник статей. Минск: Высшая школа, 1976.
32. *Тимирязев К. А.* Творчество человека и творчество природы. Сочинения. Т. IV. М., 1939.
33. *Фейгенберг И. М.* Мозг, психика, здоровье. М.: Наука, 1973.
34. Шизофрения // Труды Московского НИИ Психиатрии МЗО РСФСР. Т. 70. М., 1975.
35. *Эшби У. Р.* Что такое разумная машина? // Зарубежная электроника. 1962. № 3.

ВИД КАК ЭВОЛЮЦИОННОЕ ЦЕЛОЕ*

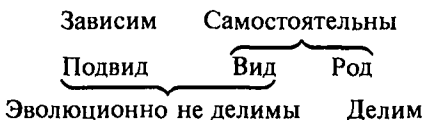
Смысл вопроса о виде сводится к вопросу о критерии вида. Любая конкретная систематическая единица реальна как сумма особей, но критерий, выделяющий ее, может быть или условен, или объективен. Требования к критерию: 1) всеобщность (для всех организмов, от простейших до высших), 2) объективность и поэтому 3) единство (то есть критерий не должен базироваться на ряде независимых признаков, могущих противоречить один другому), 4) специфичность, то есть он должен выделять именно вид, основную систематическую единицу. Обычно применяемые критерии не отвечают этим требованиям. Морфологический hiatus при строгом применении не позволяет отличать половой диморфизм или внутривидовой полиморфизм от видовых различий и не отграничивает качественно вид от рода. Нескрещиваемость не всеобща, поскольку есть строгие самоопылители, и, наоборот, скрещивающиеся хорошие виды. Кариология не дает критерия перехода хромосомных aberrаций в видовые отличия. Определение вида как системы обычно не дает именно специфики этой системы. В то же время все эти критерии в значительной степени применимы. Что же их может объединять?

Единственным критерием, отвечающим всем этим требованиям, может быть только критерий вида как эволюционного целого. С этой точки зрения существенными должны считаться те и только те разграничения, которые реально приводят к самостоятельному эволюционному развитию или являются отражением его. Пока имеющиеся различия (полиморфизм, чистые линии самоопылителей, хромосомные вариации) не нарушают единства эволюционного развития и вся группа эволюционирует как целое, она — единый вид, и эти различия — внутривидовые. Когда две группы приобретают эволюционную независимость в смысле самостоятельных путей развития, они — самостоятельные виды. Вид — эволюционное целое, и низшие единицы входят

* Источник: [1947 д].

в него как части. Это значит, что развитие одних подвигов путем скрещиваний, миграций (у самоопылителей) или сходства условий идет параллельно путям эволюции других подвигов, и особи разных подвигов сохраняют эволюционную эквивалентность (сходство эволюционной реакции) и относительную эволюционную обратимость.

Сравнительно с высшими систематическими единицами вид представляется единым, в то время как род уже дискретен, его части непрерывно дивергируют. В виде преобладают объединяющие, центростремительные силы (скрещивание, общность строения и условий), в роде — центробежные (изоляция, различия строения и реакции и т. д.). Отношение вида к подвиду характеризуется внешними взаимоотношениями: подвид зависит от других подвигов, вид эволюционно самостоятелен в отношении соседнего вида. Отношение к роду в простейшем случае характеризуется внутренними связями: вид целостен, род дискретен и множественен в своей эволюции. Схематически это можно изобразить так:



Настоящее определение является определением принципиальным и не может служить непосредственным рецептом для оценки каждого отдельного вида уже потому, что эволюционное прошлое и даже настоящее нам неизвестны для большинства организмов. Однако оно позволяет рассматривать другие критерии как частные проявления одного более общего принципа и помогает вносить необходимые коррективы в их применение. Действительно: hiatus — обычное статическое выражение самостоятельного развития; однако где этой самостоятельности нет (например, в случаях полиморфизма), там не применим hiatus как критерий для выделения вида. Нескрещиваемость — один из возможных источников дивергенции и частое ее следствие. Однако у удаленных видов часто сохраняется скрещиваемость (Мичурин), так как их самостоятельность достаточно поддерживается географической изоляцией. Аналогично и кариологический критерий применим лишь тогда, когда он отражает или обуславливает ход эволюции.

Поэтому общий эволюционный принцип имеет и практическое значение, определяя в каждом случае удельный вес каждого отдельного частного критерия. Эволюционный

принцип, конечно, тоже оставит в ряде случаев неясность в определении вида. Но это зависит не от его условности, а от нашей недостаточной осведомленности в отношении эволюционной характеристики группы (препятствие не принципиальное) или от наличия в отдельных случаях реальных переходных ступеней между видом и подвидом или родом, о чем говорил уже Дарвин. Таковы, например, так называемые расовые круги, что, конечно, не противоречит наличию других хорошо выраженных видов, подвидов и родов. Эволюционный критерий в систематике был не чужд и самому Дарвину (указание на большое систематическое значение безразличных для отбора признаков). В последнее время близкую точку зрения высказала также Р. Л. Берг в связи о вопросом о системе вида.

СИСТЕМНАЯ ЛОГИКА ДАРВИНИЗМА*

Первой строго научной обобщающей и всеохватывающей теорией в биологии была теория Ч. Дарвина. Раньше возникшее представление о клеточном строении организмов носило скорее эмпирический характер. Напротив, теория естественного отбора была результатом не только и не столько новых наблюдений, сколько замечательного сопоставления ряда давно известных биологических факторов и явлений: изменчивости, наследственности и геометрической прогрессии размножения, как это точно формулирует на последних страницах «Происхождения видов» сам Дарвин.

В настоящее же время мы видим, что открытая Дарвином закономерность естественного отбора вошла в общую теорию систем, а открытие принципа естественного отбора было им сделано благодаря применению того логического подхода к проблеме, который мы теперь называем системным.

Развитие и оформление системного подхода как самостоятельного направления в науке относится к XX столетию. Однако истоки его лежат глубже и отчетливо видны уже с середины XIX века. Здесь прежде всего необходимо вспомнить работы К. Маркса [5]. Важную роль в становлении системного подхода сыграли и работы биологов. Последнее объясняется тем, что описанное в биологии богатство различных типов систем и большая сложность взаимоотношений их элементов вызывали естественное стремление разобраться в них. В XX веке мы можем назвать среди создателей системных концепций биолога Л. фон Бергаланфи, врача по образованию А. А. Богданова, физиолога А. Розенблюта, биолога Дж. Б. С. Холдейна, психиатра У. Росс Эшби, физиолога Н. А. Белова, биолога М. М. Завадовского и др. Вместе с тем, уже в XIX веке у Дарвина — создателя современной эволюционной теории — мы находим пример использования системного подхода.

Рассматривая в целом «Происхождение видов», мы видим там достаточно четко выраженный системный подход

* Источник: [1983 а].

и открытие одного из важнейших принципов, вошедших позднее в ряд (сформулированных под разными названиями) теорий систем, — принципа естественного отбора. Дарвин, конечно, сформулировал его как специально биологическую закономерность. Однако тот факт, что этот принцип — в прямом или модифицированном виде — был воспринят в различных областях знания, от астрономии до психологии, говорит о его общесистемном значении. Он занял видное место во многих системных концепциях, например у У. Росс Эшби и еще ранее во «Всеобщей организационной науке» Богданова [18, 2].

* * *

Эволюционная концепция возникла в более или менее оформленном виде задолго до Дарвина и уже к началу XIX века завоевала определенное число сторонников (Ламарк, Жоффруа Сент-Илер и др.). Тем не менее потребовалось около полустолетия, чтобы Дарвин окончательно утвердил эволюционную концепцию и показал истинные механизмы эволюции.

До Дарвина говорили о целесообразности строения животных и растений. Само слово «целесообразность» — сообразность цели — уже предполагало своего рода антропоцентризм, то есть взгляд на предмет с субъективной точки зрения человека, ибо понятие цели несет на себе чисто человеческий смысл. Цель ставится человеком, и слово «целесообразность» означает какую-то аналогию с творчеством человека — сначала построение организма «сообразно цели», затем, как результат, уже приспособленность и способность выжить. Вопрос о факторах, создающих целесообразное строение, породил множество гипотез, большей частью основанных на явном или неявном идеалистическом фундаменте.

Предшественники Дарвина усматривали механизмы, определяющие эволюцию, либо во влиянии внешних условий и в целесообразной реакции на них организма (ламаркизм), либо в автогенезе, то есть врожденном стремлении организмов к совершенствованию из поколения в поколение.

Если и имеется закономерное стремление к усовершенствованию организмов, в той или иной форме признаваемое или подразумеваемое в автогенетических представлениях, то возникает вопрос, как объяснить несомненную целесообразность самой такой тенденции. Вопрос о целесообразности конкретных разнообразных эволюционных изменений здесь решается посредством ссылки на не менее необъяснимую целесообразность такого стремления к совершенствованию.

Если же говорить об унаследовании приобретенных признаков, то (помимо неясности механизмов их передачи потомству) надо иметь в виду, что эта гипотеза предполагала, что признаки, приобретаемые в течение жизни, как правило, уже сами являются приспособительными. Без этого унаследование приобретенных признаков не объясняло бы эволюционного прогресса и повышения приспособленности; но почему эти признаки имеют, как правило, приспособительный характер — именно этого данная гипотеза и не объясняла.

И в том, и в другом случае получается порочный круг: целесообразность, которую необходимо объяснить, уже заранее положена в основу объяснения. Только Дарвин показал, как из случайных, ненаправленных изменений потомства путем их отбора накапливаются все более и более целесообразные изменения. Порочный круг рассуждений им был разбит. При этом все предпосылки, на которые опирался Дарвин (изменчивость, наследственность и геометрическая прогрессия размножения), были известны и ранее. Однако до Дарвина они не были представлены как единая система.

Обе указанные гипотезы, автогенетическая и ламаркистская¹⁾, оказавшиеся в конечном итоге несостоятельными, имеют одну общую черту: они не рассматривают вид как систему со сложными конкурентными взаимоотношениями между особями, с появлением у потомков новых признаков, которые в каждом поколении частично сокращаются под влиянием отбора и т. д. Между тем, если бы в организме было заложено стремление к совершенствованию или если бы он был способен наследовать и передавать по наследству приобретенные признаки, то для успеха эволюции не имели бы значения строение вида или его численность. Эволюция в этих случаях пойдет одинаково, имеем ли мы перед собой отдельную, единственную линию, где от пары родителей все время рождается пара потомков, или, например, целую систему, будет это вид или популяция.

В самом деле, если приобретенные признаки наследуются, то организм будет неуклонно от поколения к поколению совершенствоваться. И тогда, путем накопления, эволюция может произойти буквально в одной линии. Никакой

¹⁾ И. И. Пузанов считает, что концепция наследования приобретенных признаков, которая обычно у нас обозначается словом «ламаркизм», гораздо более соответствовала точке зрения Жоффруа Сент-Илера, как, впрочем, и вообще ученых той эпохи, чем позиция Ламарка, который, по мнению И. И. Пузанова, был в основном автогенетиком, хотя и признавал, согласно общему воззрению своей эпохи, также и наследование приобретенных признаков.

разницы при этом нет — будет ли эволюционировать одна линия или целый вид, состоящий из многочисленных особей.

Согласно такому механизму, эволюция вида будет просто состоять из суммы эволюций таких сходных параллельных линий. А они должны эволюционировать сходно, хотя и независимо друг от друга²⁾. Ведь на каждую из них действуют одинаково одни и те же факторы. Никакого системного взаимодействия между линиями может не быть, все линии эволюционируют параллельно, и вид, следовательно, тоже меняется в сторону своего улучшения только как сумма этих линий.

То же самое можно сказать и об автогенезе. Если у всех особей вида заложено стремление к совершенствованию, то будет ли это одна-единственная линия или это будет большое количество подобных линий, никакого взаимодействия внутри вида, никаких специфических особенностей, характерных для вида как целого и отличающих его от суммы линий, здесь также не предполагается.

Дарвин же рассматривает вид не как элементарную сумму отдельных индивидов с их потомками, а как сложную систему во времени и пространстве.

В пространстве эта система оказывается сложной потому, что в каждом поколении рождается больше организмов, чем может выжить на занимаемой данным видом территории, и особи одного вида поэтому вступают между собой в жестокую борьбу. Таким образом, имеются не просто независимые линии, а линии конкурирующие. Следовательно, это уже не сумма линий, а гораздо более сложная система, в которой все особи связаны между собой борьбой, обменом признаками и их комбинаторикой в потомстве (для размножающихся половым путем видов), то есть тем, что мы теперь называем обменом информацией.

Во времени вид — это также определенная система, элементы которой (каждая особь или пара особей) дают не простое численное и качественное воспроизведение себя, а воспроизведение себя в увеличенном масштабе, как количественно, так и качественно. Количественно потомков оказывается больше, чем предков, и именно поэтому мы имеем дело не просто с линией, а с изменяющейся, взаимодействующей особым образом системой поколений. Здесь

²⁾ Ламаркистские представления еще могут объяснить хотя бы распадение вида и дивергенцию дочерних видов, если части исходного вида находятся в разных условиях. Крайне автогенетические представления по существу не могут объяснить и этого, поскольку внутренние факторы в пределах одного вида сходны и не дают предпосылок для распадаения его на различные новые виды.

происходят и качественные изменения — каждое поколение обогащается новыми признаками. Изменчивость — не однотипная, а разнообразная — отличает потомков от их предков новыми особенностями.

Богатство новых признаков позволяет естественному отбору выбирать определенные направления эволюции, заранее не предсказуемые ни автогенетическими факторами, ни теми изменениями, которые в течение жизни более или менее однотипно приобретали их предки под влиянием внешних условий.

Таким образом, именно из взаимодействия во времени и пространстве особей одного поколения в их борьбе за существование и в их потомках, наделенных новыми признаками, вырастают новые изменения вида в целом, определяемые естественным отбором.

Эта точка зрения позволила Дарвину объяснить целый ряд других особенностей эволюции, и в первую очередь дивергенцию видов, исходя из того, что промежуточные формы, менее приспособленные к внешней среде, чем расходящиеся формы, вымирают, благодаря чему между новыми, возникшими формами возникают все большие и большие зияния, хиатусы.

Для сравнения теории естественного отбора с ламаркистскими и автогенетическими теориями особенно важно положение о значении численности особей вида и обширности ареала как условий, способствующих ускорению эволюции. Яркой иллюстрацией роли численности и размеров ареала может служить эволюция млекопитающих на небольшом сравнительно изолированном материке Австралии. Обращает на себя внимание, что в то время как перестройка сложного аппарата размножения в Австралии задержалась, другие признаки эволюционировали более успешно, что привело к широкой дивергенции австралийских животных с образованием разнообразных форм сумчатых, сходных по строению и положению в биоценозе со многими видами плацентарных животных, типичных для больших материков.

Сумчатые и однопроходные животные Австралии с их более примитивным типом размножения оказались и менее приспособленными в борьбе за существование, чем завезенные в Австралию кролики, создававшие одно время, благодаря быстрому росту своей численности, серьезную проблему на этом материке (аналогичная проблема возникла и в растительном мире с занесенными извне кактусами).

Открытый Дарвином принцип естественного отбора имеет огромное значение в самых разных отношениях. Для биологии это первое и, надо думать, единственное решение

проблемы целесообразности эволюционных изменений. Все другие гипотезы, пытающиеся ответить на этот вопрос, по существу не отвечали на него, а лишь переносили решение на другой уровень.

Откуда же возникают антидарвиновские тенденции у современных исследователей? Психологически здесь играют роль многие факторы: и моральный протест против жестокого естественного отбора (но он существует!), и эмоции, порождаемые такой сложностью жизненных явлений, что кажется невозможным свести их лишь к естественному отбору, и жажда открыть новое; но во всех этих случаях побудительной причиной являются, по-видимому, эмоции. А логика каждый раз отступает на второй план. Это ясно видно из рассмотрения как будто бы самых убедительных аргументов критиков дарвинизма.

Так, например, в своем «Номогенезе...» Л. С. Берг, пытаясь опровергнуть роль естественного отбора в эволюции, в частности, ссылается на данные Бумпуса, который обнаружил, что после жестокой бури погибли в основном птицы не среднего типа, а птицы или со слишком длинными, или со слишком короткими крыльями [1]. Из этого Берг делал совершенно нелогичный вывод, а именно: отбор не способствует эволюции, а, наоборот, задерживает ее, сохраняя прежний тип, консервируя его.

Логическая ошибка Берга заключалась в подмене основного положения Дарвина: отбор способствует выживанию наиболее приспособленных. В одних случаях эти приспособленные относятся к прежнему типу, в других случаях — к новому. Когда отбор содействует сохранению прежнего типа, он, естественно, не способствует эволюции. Этот тип отбора уже в середине нашего века И. И. Шмальгаузен выделил в особую форму отбора — так называемый стабилизирующий отбор. И, наоборот, в других случаях, отбор рано или поздно неизбежно содействует появлению новых признаков, более ценных для вида, чем прежние, то есть способствует эволюции.

Отбор не должен отождествляться с эволюцией (как это подсознательно сделал Берг). Он не всегда служит прогрессивным фактором, но всегда является приспособительным фактором. Однако благодаря изменчивости среды, благодаря конкуренции внутри вида и между видами — рано или поздно, в той или иной степени — именно отбор оказывается основной движущей силой эволюции. Изменения могут быть крайне многообразны и дают широкие возможности для выбора путей отбора, но они не безграничны: например,

копыто не может одноактно эволюционировать в крыло или даже в лапу хищника. И другой движущей силы, кроме изменчивости и отбора, нет, если не считать вмешательства случайных факторов.

Далее Берг приводит как аргумент против роли отбора случайных изменений и такой пример: случайно рассыпанный шрифт (изменения организма) не сложится в «Илиаду» Гомера (совершенный организм). Здесь ошибка в том, что, даже принимая эту аналогию, надо помнить, что в процессе эволюции «шрифт рассыпался» не один, а миллиарды раз. Сначала получались пусть легко произносимые слоги — не «гхл», а «ба», «ле» и т. д. Остальные («гхл» и др.) уже не повторялись, а при следующем «рассыпании шрифта» (поколении) гармоничные слоги соединялись в несколько большие сочетания, и в этом случае отбор опять сохранял лишь лучшие.

Берг забыл и еще одно условие Дарвина — геометрическую прогрессию размножения: гармоничные формы не просто оставались, а размножались, заменяя отброшенные, дисгармоничные. Так происходило миллиарды раз в каждой линии развития вида. Причем параллельно существовали миллиарды таких линий и большая их часть также отбрасывалась отбором, а на их место становились новые виды, вышедшие из оставшихся.

Если бы имела место только одна «ниточка» эволюции видов от амебы до человека, может быть, не хватило бы и миллиарда поколений. Однако цепочек развития видов были миллионы, и в них — сотни миллионов поколений.

Другой пример ошибки в попытке доказать, что теория Дарвина не способна объяснить ряд существующих явлений в эволюции, мы видим у талантливого и эрудированного ученого А. А. Любищева [6]. Он приводит следующий факт: рыба горчак (*Rhodeus amarus*) «вручает» свое потомство пресноводному моллюску, который таким образом становится временно объектом паразитизма этих потомков, но и он в свою очередь «вручает» свое потомство этой же рыбе. Из двух паразитизмов получается симбиоз: потомство рыбы развивается в благоприятных условиях, а потомство моллюска разносится на расстояния, которые сам моллюск обеспечить не может.

Любищев старался доказать, что возникновение такого симбиоза не может быть объяснено естественным отбором. Действительно, образование каждого приспособления (отдельно у рыбы и у моллюска) маловероятно и требует при отборе длительного времени. В этом Любищев совершенно прав. Далее он указывает, что одновременное возникновение

этих двух и по отдельности редко возникающих приспособлений практически совершенно невероятно. Он прав и в этом. Однако его вывод, что возникновение такого симбиоза совершенно не может быть объяснено отбором, — уже не верен. Почему? Любищев подсознательно вводит совершенно необязательное условие: оба «паразитизма» якобы возникли одновременно. Осуществляются они теперь действительно одновременно и полезны обоим организмам как видам. Однако их возникновение, конечно, было неодновременным. Логически несомненно, что рыба, как организм подвижный, выработала механизм паразитирования на моллюске первой. Но этим она создала систематический контакт с ним на длительную эпоху. И за это время естественный отбор имел возможность выработать и встречный «паразитизм» моллюска на рыбе. Двойной паразитизм превратился в полезный для двух сторон симбиоз. Как видно, исследователь, четко и ясно разобравший почти все звенья логической цепи, невольно ошибся только в одном звене, а именно: два приспособления двух видов якобы должны были возникать одновременно. И в результате вся логическая цепь оказалась ошибочной. На деле отбор вполне мог создать такой симбиоз и, как видим, создал его.

Однако и случайные факторы, которые мы упомянули выше, ни в какой мере не могут противоречить отбору. Поясним это на следующем примере. Насекомые, жившие на желтоватой песчаной почве и имевшие желтую окраску, переселяются в более богатую растительностью область с преимущественно зеленым фоном. Однако там они своей окраской, естественно, должны выделяться и больше погибать от хищников.

Для них возможно несколько путей приспособления: во-первых, приобрести зеленую окраску под влиянием естественного отбора; и во-вторых, приобрести на прежнем желтом фоне тела черные полосы, которые позволяют им имитировать несъедобных ос. В первом случае они менее заметны для хищников, во втором случае они отпугивают их своим сходством с осаами [9].

Какой из этих путей будет выбран действительно, может зависеть от случайности, от того, какое из этих изменений возникнет раньше. Нетрудно показать, что раньше возникшее изменение будет препятствовать развитию другого, даже более выгодного изменения, но в обоих случаях эволюция вида пойдет в сторону приспособления. Случайность выбирает только один из возможных приспособительных путей. Основная же тенденция к приспособлению и к эволюционному изменению определяется принципом естественного отбора.

Случайность играет роль в эволюции, но только в конкретизации действия естественного отбора, а отнюдь не вопреки ему, так как сама логика природы (так же как и точная логика человека) не допускает неприспособительной эволюции.

В ряде случаев антидарвиновские тенденции порождены поисками нового, но поисками недостаточно логичными. Возражение против дарвиновской теории иногда мотивируют тем, что близкие виды могут различаться по ряду особенностей своих белков, причем различия даже касаются неактивных участков белковых молекул, например в ферменте меняются участки молекул, которые непосредственно не участвуют в важных для организма химических реакциях.

Наличие определенных приспособительных признаков, как кажется, может обуславливаться лишь определенной активной группой белковой молекулы. Однако если существование остальной части белковой молекулы необходимо как своего рода база для работы активной группы, то и эту остальную часть ферментативной молекулы нельзя считать безразличной. Если бы она была безразлична, отбор просто уничтожал бы ненужную балластную часть. Но если она не активна, почему же она меняется? Не надо забывать, что помимо активных функций, то есть функций фермента, есть и другие функции. Организм является также и обороняющейся системой, и, как показано во многих случаях, здесь роль структуры белковой молекулы, даже в той ее части, которая активно не действует, очень существенна.

Так, у человека нормальный гемоглобин легко поражается возбудителями малярии. Однако возбудитель малярии (по крайней мере первично) действует лишь на небольшие участки молекулы гемоглобина, которые он может разрушить и благодаря этому может пользоваться материалом гемоглобина. Уже замена одной из 300 аминокислот, входящих в состав гемоглобина, делает гемоглобин почти недоступным разрушительной деятельности возбудителей малярии.

Именно этим объясняется тот факт, что в районах, где риск заболевания малярией большой, распространен гемоглобин S (или некоторые другие аналогичные виды гемоглобина). Гемоглобин S в гетерозиготном состоянии (в смеси с нормальным гемоглобином S) предохраняет человека от малярии, но в гомозиготном состоянии носители серповидноклеточной анемии чистого гемоглобина (SS) погибают. Однако преимущество этого гемоглобина в гетерозиготе так велико, что такое состояние поддерживается в ряде племен Африки на очень высоком уровне — 20–40%. Другой пример относится к мутациям у растений. Известно, что многие мутации, определяющие иммунитет к заболеваниям, сводятся

к небольшим изменениям в белковой молекуле, в тех ее несущественных для основной функции участках, к разрушению которых приспособились соответствующие вирусы [17]. А изменение такого участка делает молекулу недоступной для вируса. Достаточно одного перерыва в цепи условий, нужных для вируса, и он не может развиваться. Подчеркнем, что это общий закон для любых целостных систем.

Таким образом, мы видим, что и пассивные участки молекулы могут меняться под влиянием именно естественного отбора, но не потому, что они приобретают какую-то активную новую функцию, а потому, что такое изменение защищает организм от слишком хорошо приспособившихся к нему болезнетворных факторов.

С момента выхода в свет «Происхождения видов» теория Дарвина получала бесконечное количество новых подтверждений. Не будем останавливаться на сообщении разнообразных фактов, где роль естественного отбора прямо наблюдалась в природе или в специально поставленном опыте. Такие примеры общеизвестны и давно вошли в учебники.

Поставим вопрос несколько иначе. Чем определяется доказательность любого теоретического построения?

Прежде всего тем, что оно объясняет широкий круг фактов, известных создателю теории или аналогичных им (о чем мы говорили несколькими строками выше). И кроме того, тем, что она прямо предсказывает еще неизвестные факты или это делают гипотезы, основанные на данной теории.

Таких случаев в истории дарвинизма было немало, но хочется остановиться на двух малоизвестных примерах.

В свое время, когда в СССР шла резкая полемика против менделевской генетики, одним из основных аргументов противников генетики был ее «корпускулярный» характер, якобы не свойственный биологическим явлениям. В чем это проявляется? Во-первых, большинство генов (мутаций) действуют очень узко, и при совмещении их в одном организме они, как правило, не взаимодействуют, а просто суммируются. Во-вторых, гены расположены в хромосомах элементарно просто, «как бусы на завязанной в кольцо нитке», и т. д. Действительно, эти особенности характерны для генетических механизмов всех многоклеточных. Но чем объясняются эти особенности? Автором данной статьи было изучено на элементарной математической модели, как такие особенности отзываются на ходе естественного отбора. Оказалось, что этот механизм наследственности обеспечивает наиболее эффективную эволюцию, если она происходит именно под влиянием отбора. Виды, обладающие наследственностью иного характера, должны были отставать в эволюции

и погибать [8]. Из этого вытекало много других важных выводов, но для нас главное — другое: раз указанная «корпускулярность» является приспособлением вида к действию естественного отбора и наблюдается во всем животном и растительном мире, значит естественный отбор — это всеобщий процесс, определяющий эволюцию всего живого. Дарвин и не подозревал, каково строение генетических механизмов, и значит его теория естественного отбора получила подтверждение с совершенно новой стороны.

Другой пример несколько сложнее. Американские генетики Дж. Шелл и Е. Ист в 1936 г. объяснили явление гетерозиса (гибридной силы) тем, что у гибридов близких форм суммируется проявление их различных доминантных генов (а они, как правило, имеют более приспособительный характер, чем рецессивные). Гипотеза эта была принята многими генетиками.

Английский генетик Р. Фишер еще в 1930 г. обнаружил, что рецессивных мутаций значительно больше, чем доминантных, и что они, как правило, понижают приспособленность организма. Основываясь на этом, он выдвинул гипотезу, по которой из двух аллелей одного гена более благоприятный для изменения вида эволюционирует в сторону доминантности. Дж. Б. С. Холдейн поддержал представление об эволюции доминантности, хотя высказал несколько иное мнение о механизме этой эволюции.

А. С. Серебровский и, независимо от него, Д. Д. Ромашов соединили эти две гипотезы и пришли на их основании к выводу, что гетерозис должен отражать общую тенденцию эволюции вида, к которому относятся обе скрещиваемые формы, в эпоху, начавшуюся с момента их расхождения [7].

Эта гипотеза интересна во многих отношениях. В частности, в биологии это редкий случай, когда синтез двух отдельно возникших гипотез привел к созданию третьей, новой и получившей экспериментальное подтверждение. В чем же суть этого синтеза?

Фишер и Холдейн исходили из общеизвестного эмпирического факта, что подавляющее большинство возникающих мутаций вредны (по сравнению с нормальным состоянием изменяющегося гена) и одновременно рецессивны по отношению к исходному (доминантному) гену. Если от одного из родителей пришел нормальный ген (А), а от другого — мутантный (а), то потомок (Аа) будет фенотипически нормальным. Только если оба парных гена у организма будут мутантными (аа), они проявятся фенотипически.

Чтобы объяснить такую связь вредности и рецессивности, Фишер предположил: если возникшая впервые вредная мута-

ция не вполне рецессивна, то эволюция путем естественного отбора пойдет так, что исходный нормальный ген будет делаться все более доминантным, а мутация — все более рецессивной, пока рецессивность мутации не станет полной. Фишер это объяснил отбором мелких генов-модификаторов, усиливающих проявление более полезного из парных генов. Холдейн же полагал, что, если при возникновении гетерозиготы (Aa) хотя бы отчасти проявляется вредное действие мутации (a), отбор идет в пользу тех вариантов «хороших» генов (A), которые сильнее подавляют проявление вредной мутации. По ряду соображений Холдейн был ближе к истине. Но тут важно другое: эволюция идет в сторону нарастания доминантности полезных мутаций согласно обшим гипотезам.

Другая гипотеза, на которую опирались в своем синтезе Серсбровский и Ромашов, — теория Иста и Шелла о механизме, определяющем гетерозис при скрещивании близких разновидностей одного вида, то есть тот факт, что такие гибриды обычно крупнее, жизнеспособнее и более плодовиты. Авторы рассуждали так: не очень далекие по происхождению виды имеют в основе сходные гены, но часть из них все же различна. При этом, так как доминантные гены, как правило, полезны, то, например, у двух разновидностей есть гены: у первой — только AbCd, а у второй — только aBcD (сходные гены здесь не изображены — они в гетерозисе не имеют значения), у первой полезнее гены A и C, а у второй — B и D. Иначе говоря, у каждой разновидности есть по два преимущества, которых нет у другой, но при скрещивании получится комбинация AaBbCcDd.

Так как в гетерозиготном состоянии проявляются только доминантные гены, то у гибридов проявятся полезные гены обоих видов, и их суммарное проявление и обеспечит большую жизненную силу этих гибридов, то есть гетерозис.

Серебровский сопоставил гипотезу Фишера—Холдейна с гипотезой Иста и Шелла и несколько дополнил ее. Близкие разновидности обычно по многим признакам эволюционируют параллельно. Допустим, в эволюции обе разновидности увеличивают рост, но это достигается часто за счет разных генов. Известно, что за один и тот же признак часто «отвечают» разные гены, так называемые генокопии. В нашем случае увеличение размеров по сравнению с предковой формой, допустим, возникло у первой разновидности за счет генов A и C, у второй — B и D (предки имели гены abcd). Но сначала мутации предковых форм могли быть рецессивными, так как какой-то процент рецессивных мутаций может быть все же полезен. Мутации эти a' и c' вытеснили прежние гены в первой разновидности и b' и d' — во второй. Далее

они, согласно Фишеру—Холдейну, эволюционировали и стали доминантными (АС и ВD соответственно). В результате обе разновидности исходного вида увеличивались, например, в размерах, а их гибриды благодаря суммации эффекта АС и ВD стали еще больше. Из этого следует, что гетерозис указывает на направление эволюции.

Таков был вывод Серебровского и Ромашова. Эта синтетическая гипотеза, как видно, была целиком основана на принципе естественного отбора. Однако у нее не было прямого подтверждения. Она объясняла увеличение жизнеспособности, плодовитости и размеров гибридов, но были и другие конкурирующие гипотезы. Решить вопрос можно было путем гибридизации форм, у которых направление отбора шло хотя бы по одному признаку (жизнеспособность, размножаемость или размер) в иную сторону, чем у большинства объектов, изучавшихся ранее по гетерозису.

Известно, что дрозофила меланогастер — обычный объект генетических экспериментов — очень небольшое насекомое, эволюционировало в сторону уменьшения размеров. Тщательно проведенные эксперименты с линиями различного происхождения показали, что увеличение плодовитости наблюдалось во всех гибридных комбинациях, гетерозис по длительности жизни (ее увеличение) — в половине скрещиваний (в остальных случаях он не менялся), а вот гетерозис по размерам был в основном отрицательным, то есть размеры гибридов уменьшились в 7 случаях из 12 [4].

Таким образом, гетерозис по размерам у дрозофилы оказался иным, чем, например, у млекопитающих, — «отрицательным». Зато он, как следовало из синтетической теории Серебровского—Ромашова, действительно отражает иное направление эволюции насекомых. Значит, прогноз гипотезы Серебровского—Ромашова, основанной на теории естественного отбора Дарвина, полностью подтвердился.

Рассматривая теперь дарвинизм в целом, мы видим, что главное в нем — это железная дарвиновская логика, которая сводит даже давно известные неупорядоченные факты к немногим основным зависимостям и процессам. По Дарвину, многообразие биологических явлений, форм, признаков и т. п. порождено такими простыми (и, добавим мы, общеизвестными) вещами, как изменчивость, которая приводит к тому, что потомки отличаются от своих предков; наследственность, которая может закрепить эту изменчивость; геометрическая прогрессия размножения, которая не дает возможности всем рожденным организмам выжить в том же ареале; наконец, объединяющий все эти сложные

биологические особенности естественный отбор наиболее приспособленных организмов. Понятно, конечно, что для людей эмоциональных и мыслящих не столь строго логично, как мыслил Дарвин, может быть, простота принципов и фактов, на которые он опирался, вызывает определенную негативную реакцию. Но тем не менее и такие, ныне представляющиеся уже элементарными, истины все же остаются истинами. Они кажутся простыми только после того, когда их открыли, и тем, кто не мог бы их открыть.

Дарвинизм был открыт после больших усилий, и на его основе развито очень много сложных и интересных гипотез. В то же время все попытки критики дарвинизма основаны на недостаточной продуманности, недостаточной логичности возражений против него.

Суждения о нужности или ненужности тех или иных изменений для организма часто основаны на предположении, что того, чего мы не знаем, не существует в природе. А при более внимательном изучении эти факторы оказываются существующими.

Суть дела заключается в том, что логика дарвинизма является столь же бесспорной, как и скучные для нас истины таблицы умножения. И дальнейшие шаги в понимании многих даже отдельных проблем невозможны без системного подхода, как мы видим это в случае оценки признаков, различающих виды как якобы «нейтральных». Они нейтральны, когда мы изучаем их значение как частного активного фактора в организме. Однако они совсем не нейтральны в их отношении к организму в целом, например в качестве укрепления его слабого звена в обороне от инфекции.

Поиски нового в области теории эволюции возможны и нужны. Мы видим успех новых поисков в работах А. Дорна [3], А. Н. Северцова [12], И. И. Шмальгаузена [16], С. С. Четверикова [15] и ряда других исследователей [10, 11, 14], которые не останавливались на «таблице умножения» Дарвина, но шли дальше и применяли ее по-новому, с той же логичностью, с которой были созданы основные ее положения.

Из всего вышесказанного не следует, конечно, что Дарвин своей теорией естественного отбора разрешил все проблемы в биологии. Он сам подчеркивает, что теория естественного отбора объясняет, как возникло колоссальное разнообразие и удивительная приспособленность живых организмов, исходя всего из трех основных особенностей органического мира: изменчивости, наследственности и геометрической прогрессии размножения, приводящих автоматически к естественному отбору. Однако возникновение этих всеобщих свойств

всех живых организмов, послуживших основой естественного отбора, им не было объяснено. Это и теперь остается вопросом будущего. Более того, Дарвин открыл механизм эволюции, но не дал исчерпывающего ответа на вопрос о возможных дальнейших направлениях, в которых отбор поведет эволюцию.

Принцип естественного отбора после Дарвина получил необычайное распространение. В разных модификациях он был применен сыном Дарвина Дж. Дарвином в его теории приливов и отливов, позже — в представлениях об эволюции звездных систем, о превращениях элементов и их изотопов в зависимости от их устойчивости и быстроты распада и т. д. В области психологии К. А. Тимирязев провел глубокую параллель между эволюцией путем естественного отбора в органическом мире и творчеством человека путем возникновения избыточного количества идей и сурового их отбора критикой, с уничтожением неустойчивых и нежизнеспособных идей [13]. Таким образом, идея естественного отбора оказалась не только первым научным объяснением биологической эволюции, но и важным методологическим принципом, имеющим общенаучное значение.

Литература

1. *Берг Л. С.* Номогенез или эволюция на основе закономерностей // Труды по теории эволюции. М., 1977. С. 43.
2. *Богданов А. А.* Всеобщая организационная наука (Тектология). Т. I. М.—Л., 1925; Т. II. М.—Л., 1927; Т. III. М.—Л., 1929.
3. *Дорн А.* Происхождение позвоночных животных и принципы смены функций. М.: Биомедгиз, 1937.
4. *Зимина Л. Н.* Журнал общей биологии. 1977. № 4. С. 595—601.
5. *Кузьмин В. П.* Принцип системности в теории и методологии К. Маркса. М., 1976.
6. *Любищев А. А.* Проблемы формы, систематики и эволюции организмов. Л., 1982.
7. *Малиновский А. А.* Незавершенные идеи некоторых советских генетиков // Природа. 1970. № 2. С. 79—83.
8. *Малиновский А. А.* Роль генетических и фенотипических явлений в эволюции вида. Часть I. Плейотропия // Известия АИ СССР. Серия биологическая. 1939. № 4. С. 575—614.

9. *Малиновский А. А.* Случайность в эволюционном процессе и «недарвинская» эволюция // *Философия в современном мире. Философия и теория эволюции.* М., 1974. С. 103–113.
10. *Малиновский А. А.* Типы управляющих биологических систем и их приспособительное значение // *Проблемы кибернетики.* 1960. № 4.
11. *Медников Б. М.* Дарвинизм XX века. М.: Советская Россия, 1975.
12. *Северцов А. Н.* Морфологические закономерности эволюции. М.: Изд-во АН СССР, 1939.
13. *Тимирязев К. А.* Творчество человека и творчество природы // *Собр. соч. Т. 4.* М., 1939.
14. *Холдейн Дж. Б. С.* Факторы эволюции. М.—Л.: Биомедгиз, 1935.
15. *Четвериков С. С.* Проблемы общей биологии и генетики. Новосибирск: Наука, 1983.
16. *Шмальгаузен И. И.* Избранные труды. Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии. М.: Наука, 1982.
17. *Эфроимсон В. П.* Введение в медицинскую генетику. М., 1964.
18. *Эшби Р. У.* Что такое разумная машина // *Зарубежная электроника.* 1969. № 3.

Раздел третий

**ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ
И РАЗВИТИЯ НАУКИ**



Москва, 1970-е годы

ВЫСТУПЛЕНИЕ НА СОВЕЩАНИИ ПО ВОПРОСАМ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ ПРИ РЕДАКЦИИ ЖУРНАЛА «ПОД ЗНАМЕНОМ МАРКСИЗМА»*

Вечернее заседание 14 октября 1939 г.

Председатель П. Ф. Юдин:

Слово имеет тов. А. А. Малиновский.

Малиновский А. А.:

Товарищи, здесь борьба между двумя течениями идет на основе двух главных линий: с одной стороны — на основе теоретической, так как оба течения заявляют свою претензию на дарвинизм, оба течения дают эксперименты чисто лабораторного порядка, и, с другой стороны — на основе практических достижений. С этих двух точек зрения мне и хотелось бы подойти к этому вопросу. Первый вопрос, который я рассмотрю, — это вопрос о дарвинизме, но сначала два замечания. Во-первых, я должен заметить, что здесь некоторые выступающие — акад. Б. Келлер, тов. И. Презент неправильно подошли к вопросу об отборе. Они говорили, что отбор не только отбирает, но и изменяет как-то сам организм. Это повторял и тов. Филипченко. Нужно сказать, что Ч. Дарвин специально предупреждал, что это толкование неверное. Я позволю себе привести его цитату, хотя она несколько сокращена. Дарвин говорил, что «некоторые писатели или превратно поняли термин “естественный отбор”, или прямо возражали против него. Иные даже вообразили, что естественный отбор вызывает изменчивость, между

* Источник: [1939 б]. Публикуется впервые на основе стенограммы, хранящейся в Научном кабинете Института философии РАН (Кн. 2. № 6368. С. 957–967). — *Прим. ред.*

тем как он предполагает только сохранение таких изменений, которые возникают и полезны организму при данных жизненных условиях. Никто не возражает сельским хозяйствам, говорящим о силе отбора, производимого человеком, но и в этом случае представляемые природой индивидуальные различия, которые человек отбирает с той или другой целью, необходимо должны сначала появиться... При ближайшем знакомстве с предметом эти поверхностные возражения будут забыты» (*Дарвин Ч.* «Происхождение видов». Гл. IV).

Тов. Презент здесь приводил другую цитату Дарвина, которая не очень отчетлива, и вместо того, чтобы найти ясные указания у Дарвина, он сделал вывод, что здесь имеются какие-то прямые изменения под влиянием отбора. Акад. Келлер тоже так говорил в одном из первых выступлений.

Во-вторых, насколько прав тов. Презент, обвиняя в антидарвинизме генетиков, и насколько он сам основательно претендует считаться дарвинистом?

Вот сравним два изложения дарвинизма.

К. Тимирязев так излагает дарвинизм: «Изменчивость, дающая материал, наследственность, его накапливающая и делающая его устойчивым, и, главным образом, “естественный отбор”»: то роковое устранение всего менее согласного с требованиями жизни при данных условиях — вот основы этого учения» (*Тимирязев К. А. Ч.* Дарвин).

А вот как формулирует основы дарвинизма Презент: «Кратко суть дарвинизма: организм, развиваясь и функционируя лишь в пределах очерченной его историческим прошлым меры условий, никогда по своей конкретной форме абсолютно не повторимой — тем самым в большей или меньшей степени всегда перестраивается» (*Яровизация. 1938. № 3*).

По-моему, ясно, что основное в дарвинизме — естественный отбор — здесь абсолютно выпало, и дарвинизмом назвать такую формулировку было бы, по крайней мере, неосторожно, потому что под нее может подойти целый ряд совершенно непохожих на дарвинизм вещей.

Говоря о законах наследственности, о хромосомной теории наследственности, предъявляя претензии на дарвинизм, обе стороны не рассмотрели, какое же значение для эволюции имеют эти законы наследственности. Мне пришлось этим заниматься и я посмотрел, с какой точки зрения начал это делать Тимирязев. Вот цитата из Тимирязева, может быть, чересчур повторяющаяся, о том, что законы Менделя имеют большое значение... (*Лысенко: Значение менделизма равно 1/10 000*)... Вы не поняли меня, я не о том говорю. Законы Грегора Менделя... имеют, очевидно, громадное значение

для эволюции организмов, так как показывают, что скрещивание вновь появившихся форм не грозит им уничтожением, а предоставляет для естественного отбора широкий выбор между чистыми и смешанными формами, чем уничтожается то возражение против дарвинизма, которое и сам Дарвин признавал самым опасным для своей теории. (*Презент*: Это уже новая цитата.) Я могу привести дословно, у меня есть в портфеле.

Тимирязев указывает, что работа Менделя, которая вышла на два года раньше, чем возражение, которое Дженкин сделал Дарвину (и которое Дарвин признал самым опасным для его теории), уничтожила это возражение. Дженкин говорил следующее: Дарвин исходит из положения о том, что возникают отдельные изменения, которые затем подвергаются естественному отбору: полезные сохраняются, вредные гибнут. Таким образом, накапливаются полезные признаки и вид эволюционирует, но отдельные изменения, возникающие у организмов, при половом размножении неизбежно должны скрещиваться со старыми формами. В результате, говорил Дженкин, при скрещивании получается потомство, которое имеет промежуточные признаки. Тогда было представление, что наследственность является слитной, что потомство приобретает половину признака от каждого родителя; скажем, если была красная и белая окраска цветов, то будет розовая; если большое и маленькое животное, то будет средней величины и т. д. Таким образом, признаки расплываются как капля чернил в воде и отобрать что-нибудь здесь будет трудно. Таким образом, говорил Дженкин, представляется очень сомнительным, чтобы отбор мог оказаться эффективным.

Однако, как справедливо писал Тимирязев, Мендель доказал, что признаки не растворяются, что признаки даже в скрытом состоянии могут сохраняться и затем подвергаться отбору. С этой точки зрения становится понятной неделимость наследственных задатков как явление ценное для вида, потому что эта неделимость обеспечивает виду успешную эволюцию в порядке естественного отбора.

Давайте подойдем с этой точки зрения и к другим явлениям. Вот линейное расположение [генов]. Линейное расположение многим представляется очень странным. Действительно, в биологической области мало таких явлений, где имеется геометрически строгая закономерность, но если подойти к этому с иной точки зрения, можно увидеть в этом смысл. В физиологии мы тоже в ряде случаев имеем дело с совершенно физическими закономерностями, например, в строении скелета, в движении крови, в расположении трабекул кости и т. д. У животных мы часто имеем дело

с закономерностями и иногда даже чисто механическими, легко истолковываемыми геометрически. Но это не вызывает сомнения. Почему? Потому что здесь мы видим биологическое приспособительное значение этих явлений. Если бы мы не видели здесь приспособительного значения, эти явления были бы непонятны, но мы знаем, что такая видимая простота есть результат длительной эволюции, длительного усовершенствования.

С этой точки зрения надо подойти и к явлениям наследственности. Нет ли здесь какого-нибудь приспособительного значения? Что представляет собой линейное расположение? Линейное расположение было открыто на явлении сцепления [признаков], потом это было подтверждено морфологически и, собственно говоря, явление сцепления связано с линейным расположением [генов], как функция с формой.

Что представляет собой сцепление? Два признака, пришедшие от одного родителя, во многих случаях имеют тенденцию наследоваться вместе и дальше. Лучше всего это изучено на дрозофиле, но показано также на птицах, на кролике и т. д. Если два признака — коричневые глаза и волосистость передаются от одного родителя, то во втором поколении — в 99,5 % случаев они наследуются вместе, и только в полупроценте случаев они наследуются порознь. И получается впечатление, что эти признаки трудно разорвать, но если они разорвались, их так же трудно соединить. С точки зрения эволюции это явление вредное, ненужное, потому что, когда возникло два полезных признака у разных животных одного вида, то при наличии сцепления соединяются эти признаки чрезвычайно трудно. Они лишь с трудом могут попасть в одну хромосому и образовать организм, устойчивый в наследственном отношении. Следовательно, такое сцепление препятствует эволюции организма, потому что препятствует соединению и накоплению полезных признаков. В разных местах возникают разные полезные признаки. Например, в одном месте будет признак лучшего развития мышц, в другом случае возникает, например, лучшее развитие шерсти и т. д. Для того, чтобы они соединились путем скрещивания в одном организме, необходимо, чтобы они не встретили препятствия в сцеплении (или, наоборот, в отталкивании, как обычно выражаются в том случае, когда признаки окажутся в разных хромосомах). С этой точки зрения ясно, что сцепление — вещь вредная. Но если посмотреть на линейное расположение генов, то оказывается, что это расположение такое, которое обеспечивает наименьшее сцепление из всех видов расположения. При линейном расположении гены связаны только в одном измерении,

каждый ген объединяется только с соседним геном, и гены, расположенные на большом расстоянии, практически беспрепятственно комбинируются. Когда хромосома скручивается в кольцо (а такие случаи были получены советскими исследователями Н. Н. Соколовым и И. Е. Трофимовым), то сцепление оказывается значительно больше. Напротив — простое линейное расположение обеспечивает наилучшие условия для соединения признаков и наилучшие условия эволюции для вида.

И в то же время, связывая между собою наследственные задатки, линейное расположение обеспечивает собой правильное распределение этих задатков в потомстве — по одному задатку на каждую гамету. (*Презент*: Это-то и есть настоящий дарвинизм?)

(*Э. Кольман*: Тов. Малиновский, скажите, как Вы относитесь к математическому истолкованию расщепления Гильбертом?)

Я не знаю, о чем Вы говорите, может быть Вы поясните?

(*Кольман*: Я имею в виду построение Гильбертом, крупнейшим математиком формалистической школы в современной математике, вообще крупнейшим математиком современности, самой настоящей аксиоматики в отношении явлений наследственности. Он утверждает, что на основании математики можно построить всю генетику.)

Я не в курсе дела, поэтому мне судить трудно.

В заключение я хочу остановиться на вопросе о влиянии гена на немногие признаки. Обычно подчеркивают якобы метафизичность такого представления, что ген влияет преимущественно на немногие признаки. Странно, казалось, почему [ген] имеет действие лишь на некоторые признаки, а не на весь организм, но действительно, экспериментальные исследования показывают, что каждый ген влияет в какой-то степени и на весь организм, но только минимально, а сильно отражается только на немногих признаках. Это все объяснимо с эволюционной точки зрения. Дело в том, что чем больше признаков имеет один ген, тем больше признаков оказываются связанными между собой. Среди этих признаков, как правило, имеется очень много вредных изменений. Между прочим, эти преобладания вредных изменений были указаны и Тимирязевым в его статье «Чарльз Дарвин». (*Презент*: Где и когда сказано Тимирязевым?) В статье «Чарльз Дарвин» в сборнике «Памяти Дарвина». Он говорит, что само по себе изменение может быть и вредно, и безразлично, и только в незначительном числе случаев — полезно. (*С места*: В редких случаях.) (*Б. Завадовский*: Это

Малиновский написал, что в редких случаях.) Это придирика. Таким образом, среди многих признаков одного гена только очень малая часть будет полезна, и это небольшое количество полезных признаков пропадает в большом количестве вредных признаков, с которыми они неразрывно связаны, и не сможет подвергнуться положительному отбору.

Мы видим, что неделимость гена, конечно, неделимость не абсолютная, а относительная, линейное расположение генов в хромосоме, и узкое действие генов — все это естественно объясняется с эволюционной точки зрения. Виды, которые имели эти особенности наследственности, неизбежно должны были эволюционировать скорее, чем те виды, которые имели слитную наследственность или другое расположение генов. Совершенно ясно, что непонятная для многих «корпускулярность» представляет собою просто наличие отделяемости признаков друг от друга. Для того, чтобы подбор мог отделять вредные признаки от полезных, необходимо, чтобы они могли отделяться друг от друга. Поэтому совершенно естественно, что там, где происходит естественный отбор, там имеет место «корпускулярная» наследственность. И так как естественный отбор приложим ко всем областям жизни, то понятно, что во всех этих областях имеется и «корпускулярная» наследственность.

Я, к сожалению, не вижу здесь крупнейших селекционеров. Об этом здесь достаточно много говорилось. Между прочим, тут говорилось о том, что Шехурдин — плохой генетик. Вряд ли это верно. Во всяком случае нужно посмотреть на методы, при помощи которых действовали селекционеры до Т. Д.¹⁾ Надо сказать, что они (в том числе Шехурдин) на основании генетических методов добились больших результатов. Возникает вопрос, что собой представляют эти генетические методы? Они сводятся к следующему. (С места: Кстати сказать, какое отношение имеете Вы к селекции?) Это методы чистых линий, разработка представлений об инбридинге, индивидуальный отбор, гибридизация, конечно, и целый ряд других методов. И вот мы видим, как на основании этих методов, в том числе и на основании чистых линий, были получены большие результаты. Я не специалист в этой области, я не являюсь практиком. Поэтому я специально обратился в Наркомзем и выяснил там данные. Таким образом, я получил следующую картину, а именно, что в Советском Союзе свыше 80 % площади засеяно сортовыми семенами (по пшенице), они выведены до Трофима Денисовича, то есть старыми методами.

¹⁾ Т. Д. — Трофим Денисович Лысенко.

Данные Наркомзема по посевным площадям пшеницы, занятым к 1937 г. сортами советских селекционеров, представленных к премированию:

Шехурдин	—	6 033 002 га
Еремеев	—	5 496 132 га
Константинов	—	1 921 002 га
Сапегин	—	909 469 га
Юрьев	—	511 156 га
Гольбек	—	554 162 га
Громачевский	—	71 096 га
Ковалевский и Петров	—	65 948 га
Писарев	—	29 616 га

Всего 15 591 583 га, то есть свыше 40 % всей посевной площади СССР по пшенице в 1937 г. засеяно сортами советских селекционеров, работавших методами чистых линий и пр.

По ржи — сорта Лисицына и Рудницкого занимали 5 915 865 га, то есть 30 % посевной площади и т. д.

Если возникает вопрос, каким образом проводить селекцию, то мы скажем: когда Т. Д. Лысенко выносит что-то новое, то мы с удовольствием принимаем. Я думаю, что и селекционеры и генетики примут это, но давайте говорить отчетливо, есть ли что-нибудь принципиально новое? (*С места: А Вы сомневаетесь в этом?*) Если здесь имеется что-нибудь новое принципиально, то мы будем об этом говорить. Но нельзя ссылаться [на то], что выводилось преимущественно на основании генетических методов, и противопоставать [это] этим же методам. Если же не противопоставать, то зачем же спорить. Нельзя же сказать, что до Лысенко сорта выводили лысенковскими методами. (Время оратора истекло.)

ПОСЛЕСЛОВИЕ ПЕРЕВОДЧИКА К КНИГЕ Э. ШРЁДИНГЕРА «ЧТО ТАКОЕ ЖИЗНЬ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ФИЗИКИ?»*

Книга Эрвина Шрёдингера «Что такое жизнь с точки зрения физики?» впервые вышла в Англии во время войны в 1944 г. [7], после чего выдержала без изменений несколько изданий и вызвала оживленные отклики в зарубежной научной и широкой прессе. Один восторженный рецензент [8] высказал даже мнение, что она создала в науке целую эпоху, и сравнил ее в этом отношении с такими трудами, как работы зачинателя статистической термодинамики Уилларда Гиббса и основателя научной генетики Грегора Менделя.

С такой высокой оценкой книги трудно согласиться, и несомненно, что она была вызвана отчасти как несколько сенсационным заглавием книги, так и широкою известностью автора — одного из крупнейших ученых нашего времени. Чтобы читателям, не специалистам в области современной физики, было ясно, кто такой автор этой книги, укажем, что перечисляя творения, эквивалентные «Началам» Исаака Ньютона, академик С. И. Вавилов наряду с теорией атомов и электронов и с теорией относительности А. Эйнштейна указывает также на квантовую (волновую) механику [1], создателем которой был Шрёдингер. В знак признания его выдающихся трудов Э. Шрёдингер был избран в 1934 г. почетным членом Академии наук СССР.

Поставленный в заглавии вопрос — «Что такое жизнь?», а также философский эпилог — «О детерминизме и свободе воли» — также не могли не привлечь внимания научных и вообще широких читательских кругов.

Однако книга Шрёдингера имеет большое значение и по существу. В чем же состоит ее ценность?

* Источник: [1947 б]. Публикуется с сокращениями.

Шрёдингер в своей книге, в форме увлекательной и доступной как для физика, так и для биолога, открывает читателю новое, быстро развивающееся в науке направление, в значительной мере объединяющее методы физики и биологии, но бывшее до сих пор доступным лишь весьма узкому кругу лиц, располагающих специальной литературой.

Все более глубокое проникновение в строение живой клетки потребовало в наше время привлечения ряда методов и понятий современной физики. Это породило «настоящую» биофизику, аналогичную возникшей ранее биохимии, сделавшей уже большой вклад в развитие наших знаний о жизни. Напротив, применение физических методов (в первую очередь оптических, рентгеновских и пр.) до сих пор играло почти исключительно подсобную роль, помогая только обнаружить некоторые биологические факты без соответствующего физического и общебиологического их истолкования. Это была физика для биологии, но не физика в биологии. В этом отношении биофизика в своей значительной части была глубоко отлична от биохимии, которая не ограничивалась введением новых методов, но давно перешла к анализу существа самых сокровенных химических превращений, протекающих внутри организма. Подобного углубления в сущность жизненных явлений биофизика достигла только в небольшой степени (например, в изучении электрофизиологических процессов, митогенетического излучения и т. п.), в силу чего она по большей части сохраняла положение подсобной науки, хотя и способствующей раскрытию тех или иных закономерностей, но не играющей вполне самостоятельной роли в деле познания жизненного феномена.

И только в наши дни физика вступила в область биологии с целью раскрытия тех низших уровней в организации живой материи, понимание которых является необходимой предпосылкой будущего, более полного и глубокого представления о жизни вообще.

Книга Шрёдингера представляет собой, строго говоря, первые связные результаты этого направления, куда несомненно будет внесено еще много поправок, но которые в основном намечают определенные очертания нового научного здания «настоящей» биофизики.

Если бы книга Шрёдингера ограничивалась одним только изложением приведенного, то и этого было бы достаточно для признания ее значения. Но Шрёдингер вносит в это новое направление науки о жизни большой личный вклад, что в значительной степени оправдывает те восторженные оценки, которые его книга получила в заграничной научной прессе.

Наряду со многими, более частными соображениями Шрёдингер выдвигает чрезвычайно широкую и плодотворную мысль — он намечает связь двух биологических «загадок», а именно: вопроса о характере наследственных структур и, казалось бы, столь далекого от него вопроса об отношении организмов ко второму закону термодинамики. Последний, хотя и не «отменяется» для живых существ, но в значительной степени ими «обходится». Шрёдингер показывает, что важнейшим условием этого (если не причиной) служит особая специфическая структура центрального аппарата клетки — хромосом. Хромосомы по своему строению способны, как «механическая» (в противоположность «термодинамической») система необычайной сложности, непосредственно поддерживать закономерное течение многих биологических процессов, обеспечивая минимальные размеры «регулирующего аппарата» клетки.

Все это делает книгу Шрёдингера весьма ценной, несмотря на значительные ее недостатки... Именно эта положительная сторона небольшой книги Шрёдингера и привлекла к себе внимание ряда крупнейших ученых — Джона Холдейна, Германа Меллера и Макса Дельбрюка, посвятивших ей большие рецензии. Будет полезно вкратце познакомить читателя с этими рецензиями.

В своем отзыве о книге Шрёдингера крупнейший английский биолог и прогрессивный общественный деятель профессор Дж. Б. С. Холдейн¹⁾ дает ей весьма высокую оценку; в то же время он делает и ряд критических замечаний [5]. Прежде всего он справедливо отмечает, что принимаемый Шрёдингером взгляд на хромосому как на гигантскую молекулу («апериодический кристалл» Шрёдингера) был впервые выдвинут советским биологом профессором Н. К. Кольцовым, а не Дельбрюком, с именем которого Шрёдингер связывает эту концепцию.

Переходя к существу вопроса, Холдейн считает, что если рассматривать ген как молекулу, обладающую свойством катализатора, то, вопреки мнению Шрёдингера, даже к единичному гену вполне применимы принципы статистической механики. Отдельная молекула катализатора может в благоприятных условиях превращать более чем 100 тысяч молекул субстрата в секунду, а это — цифры, вполне допускающие статистический подход при исследовании. В целом Холдейн

¹⁾ Профессор Джон Бёрдон Сандерсон Холдейн — член Лондонского королевского общества и почетный член Академии наук СССР, член редколлегии газеты «Деили уоркер». Известен своими работами по генетике и биохимии.

полагает, что хотя представления Дельбрюка и очень полно отвечают известным фактам, они, как это неоднократно наблюдалось в квантовой механике, должны сильно измениться. Он ссылается на неопубликованную работу Ли и Котчесайда (представленную английскому генетическому обществу), в которой авторы находят, что большинство летальных мутаций, вызываемых облучением сперматозоидов *Drosophila*, является следствием разрыва хромосом с последующим их восстановлением, а, например, у *Tradescantia*, такой разрыв требует около 17 ионизаций на хроматиду. С другой стороны, Фаберже и Биль обнаружили, что большая частота мутирования одного очень неустойчивого гена заметно понижается при высокой температуре. «Возможно, — заключает Холдейн, — что в хромосомах происходят более сложные явления, чем можно себе представить даже на основании принципов волновой механики».

Отметив, что целого ряда биологических проблем Шрёдингер не поднимает вовсе, Холдейн указывает, в частности, на проблему регуляции нарушений в организме, которую некоторые биологи находят невозможным объяснить материалистически, и высказывает надежду, что в дальнейшем Шрёдингер займется этими вопросами.

Заканчивая рецензию серьезной критикой философских высказываний Шрёдингера, Холдейн в целом все же дает высокую оценку книге, которую, как он говорит еще в начале рецензии, необходимо прочитать каждому генетику и которая своей постановкой вопроса об использовании организмом отрицательной энтропии может обогатить и физиолога.

Сходные мысли по поводу книги Шрёдингера высказывает крупнейший современный генетик, иностранный член-корреспондент Академии наук СССР Герман Джозеф Меллер [6]. По его мнению, к весьма важным особенностям живой материи, рассмотренным в книге Шрёдингера, следует добавить еще одно более глубокое и не затронутое автором основное свойство гена — его способность размножаться, удваиваться. Способность эта лежит в основе таких кардинальных биологических явлений, как рост, размножение и, наконец, эволюция живых существ.

Однако будет большим упрощением рассматривать эту способность гена как простой автокатализ, как это считал, например, Троланд. Ген способен к удвоению и сохраняет эту способность и после мутирования, то есть даже принявши иную форму и проявляя совершенно новые свойства в своем влиянии на развитие организма. Ни у одного автокатализатора такая способность пока неизвестна. Любые

гены и их мутации могут формировать органический субстрат в новые, подобные им гены. Именно это обеспечивает самую возможность эволюции, путем накопления и размножения мутаций, испытываемых генами. С этой точки зрения гораздо менее важным для понимания существа жизни является тот факт, что мутации — это именно квантовые скачки, ибо «организация» («порядок», по Шрёдингеру) в специфически биологическом смысле — это в первую очередь результат удвоения генов и отбора. Биологическая «организация» отнюдь не так сильно связана с накоплением того, что биологи называют потенциальной энергией («отрицательная энтропия» Шрёдингера).

Основная наблюдающаяся тенденция в развитии живой материи, по мнению Меллера, — обеспечение максимальной безопасности и широкое распространение своего типа организации. Это часто достигается такими качественными путями, которые непосредственно не увеличивают «питания отрицательной энтропией», но в дальнейшем создают огромные возможности для утилизации внешней энергии. Таково, например, развитие интеллекта у физически слабого существа. Здесь контроль над энергией в интересах системы важнее, чем увеличение содержания энергии в самой системе.

Далее рецензент подвергает резкой критике философский эпилог книжки.

В целом Меллер считает, что, несмотря на неполноту и некоторые несущественные недостатки, книга Шрёдингера весьма ценна тем, что помогает разрешить некоторые проблемы, интересующие вообще всякого ученого.

По мнению Макса Дельбрюка, высказанному в его рецензии [4], книга Шрёдингера не решает вопроса, стоящего в ее заглавии — «Что такое жизнь?». Задав вопрос, как могут физика и химия объяснить процессы в живом организме, протекающие в пространстве и времени, автор разбирает другой, несомненно важный, но гораздо менее существенный вопрос — могут ли физика и химия объяснить явления, протекающие в организме. Тем не менее, эта книга представляет собой как бы фокус, в котором сходятся интересы физиков и биологов.

«Читателям, не знакомым со специальными высказываниями Бора²⁾, — говорит Дельбрюк, — может показаться, что физическая природа процессов внутри живой клетки разумеется сама собой, и им трудно оценить значение задачи,

²⁾ Здесь имеется, очевидно, в виду точка зрения Бора и Иордана о значении квантовой неопределенности, которой Шрёдингер противопоставляет свою (детерминистическую по существу) точку зрения на процессы жизни.

стоящей в начале книги перед «наивным физиком». Дельбрюк считает, что обсуждение Шрёдингером типов законов природы («статистических» и «динамических») может оказать «проясняющее влияние на биологическое мышление».

Резюмируя приведенные отзывы, следует сказать, что все рецензии подчеркивают большое значение книги Шрёдингера. И действительно, эта книга, как уже говорилось, развивает новое и чрезвычайно важное направление в науке, объединяющее физику и биологию и имеющее широкие перспективы в дальнейшем. Эта попытка синтеза физики и биологии в разрешении основной проблемы жизни тем более интересна, что она окрашена оригинальными, пусть неизбежно субъективными, представлениями такого крупнейшего современного ученого, как Шрёдингер. Вопрос об отношении живых организмов к принципу энтропии получил в книге Шрёдингера новое освещение, которое, вероятно, даст дальнейший толчок к обсуждению этого вопроса. Об этом говорит, например, недавняя работа Батлера [3], посвященная экспериментальному изучению второго закона термодинамики в применении к живым организмам.

Шрёдингер своей обобщающей попыткой сделал большой шаг к введению в обиход биологии тех точных теоретических методов, которые давно свойственны физике, но (если не считать статистических методов обработки материала) только эпизодически и по большей части лишь в специальных работах пробивают себе дорогу в науке о жизни. Особенно следует подчеркнуть, что, несмотря на всю свою механистическую методологию, Шрёдингер — и в этом несомненная ценность его книги — приходит, как к центральному представлению, к диалектической мысли о специфическом, качественном отличии живого от неживого, хотя и ограничивает эту специфичность только пределами физической организации живого.

Несомненно, заглавие книги обещает больше, чем может дать автор. Проблема жизни в целом неизмеримо шире и глубже проблем, затронутых Шрёдингером в его книге. Шрёдингер рассматривает лишь некоторые из основных вопросов организации живой клетки, но отнюдь не всю проблему жизни во всей ее сложности. Однако он развивает наши представления о сущности жизни глубже, и если формально книга не дает того, что обещано в заглавии, все же по существу вряд ли могут быть оправданы те претензии, которые предъявила ей критика, требуя от автора объяснения таких явлений, как удвоение генов, регуляция физиологических процессов и т. д. Здесь уместно вспомнить

слова К. А. Тимирязева, где он ставит в заслугу Пастеру то, что он умел поднять вопрос, стоящий в науке на очереди, и разрешал именно этот, а не какой-либо другой, не менее важный вопрос, который, однако, может быть решен только на следующем этапе исследования, в частности, после предварительного изучения первого вопроса [2]. (...)

Литература

1. *Вавилов С. И.* Исаак Ньютон. 2-е изд. М., 1945.
2. *Гамалея Н. Ф., Мечников И. И., Тимирязев К. А.* Пастер. Сборник статей. М.: Изд. Академии наук СССР, 1946.
3. *Butler Z. A. V.* // *Nature*. 1946. Vol. 158. № 4005.
4. *Delbruck M.* // *Quarterly Review of Biology*. 1945. P. 370–372. Vol. 20. № 4.
5. *Haldane J. B. S.* // *Nature*. 1945. Vol. 155. № 3935.
6. *Müller H. G.* // *The Journal of Hederity*. 1946. Vol. 37. № 3.
7. *Schrödinger E.* *What is Life? The Physical Aspect of the Living Cell.* Dublin, 1945.
8. *Wharton J. F.* // *The Saturday Review of literature*. № 6. N. Y., 1946.

К ВОПРОСУ О ПУТЯХ ИССЛЕДОВАНИЯ УСЛОВИЙ ТВОРЧЕСКОГО ПРОЦЕССА*

В настоящей статье мы не беремся дать сколь-нибудь законченную концепцию научного творчества, но пытаемся только поставить некоторые вопросы, которые, возможно, будут иметь значение для дальнейшего исследования проблемы. Этим объясняется несколько гипотетический и фрагментарный характер статьи. Тем не менее, как нам кажется, некоторые из изложенных положений могут считаться достаточно обоснованными, а некоторые — во всяком случае заслуживающими статистической или экспериментальной проверки.

При изучении творчества исследователь имеет дело с наиболее сложными по структуре системами. Среди научных проблем, подлежащих разрешению, можно выделить проблемы иногда очень трудные и сложные по путям решения, но относительно простые в том смысле, что в них используется ограниченный круг фактов или закономерностей, например, задачи чисто физические, химические, математические и т. д. В других задачах, например, биологических, имеется по большей части сложное сочетание различных факторов, причем удельный вес их или не слишком сильно различается, или же каждый из факторов необходим для создания данной системы и, следовательно, также должен быть учтен при разрешении задачи. И, наконец, наиболее сложными являются задачи, где используются предпосылки из очень разных наук. К таким задачам относится изучение научного, художественного и других видов творчества. Здесь сочетаются элементы физиологические в узком смысле слова, психологические и социальные, то есть предпосылки из областей, каждая из которых сама по себе чрезвычайно сложна и, если так можно выразиться, многофакторна. Разрешения таких проблем

* Источник: [1969 б].

трудно ожидать в виде решения пусть сложной, но однородной задачи, поскольку необходимо определить удельный вес различных факторов и их сочетание в системе. Для изучения подобных проблем нам представляется наиболее правильным проводить своего рода «осаду», то есть пытаться установить различные зависимости и расшифровать их объяснение, подходя к объекту исследования одновременно с различных сторон. Мы позволим себе и дальше пользоваться несколько вольно сравнениями и метафорами, поскольку целый ряд понятий, нужных для исследования проблем подобного рода, связан с представлениями о *системах*, часто еще не вполне выкристаллизовавшимися, хотя интуитивно понимаемыми многими и наглядно передаваемыми путем аналогий.

В настоящее время можно несколько условно выделить две основные задачи в исследовании творческого процесса.

Первая — это создание своего рода рабочей гипотезы об основных *механизмах* научного (и художественного) творчества.

Вторая, связанная с первой и дополняющая ее, — разработка *методов*, позволяющих исследовать эти механизмы и условия, которые прямо или косвенно влияют на развитие творческого процесса.

Мы попытаемся подойти к проблеме с обеих сторон: попробуем использовать идеи, пока, может быть, очень упрощенно, но, на наш взгляд, в основном верно передающие суть самого творчества, и, исходя из известных эмпирически наблюдающихся явлений, сделать некоторые предварительные выводы.

Заметим, что для изучения процесса творчества не следует резко отграничивать творчество научное от художественного, ибо целый ряд закономерностей, по-видимому, являются здесь общими, а констатация различий при применении сравнительного метода может только углубить наше понимание процессов, происходящих при возникновении новых научных идей или художественных произведений. Всё же в центре внимания мы поставили творчество научное, в оценке которого легче найти объективные критерии.

Что лежит в основе данного творчества? По-видимому, это лишь доведенный до определенного уровня тот же процесс, который позволяет нам решать элементарные задачи, непрерывно возникающие в нашей жизни, то есть процесс переработки поступающей информации с целью извлечения из нее максимального содержания.

Наиболее простой и, как нам кажется, достоверной схемой процесса творчества может быть та, которую сформу-

лировал когда-то К. А. Тимирязев в своей статье «Творчество человека и творчество природы» [3] и которую по-разному несколько позже развили сначала А. А. Богданов [1], а затем У. Р. Эшби [8]. Тимирязев провел аналогию между творчеством природы и творчеством человека. Он выдвинул представление о том, что как в эволюционном творчестве природы, так и в творчестве человека основой служит богатство возникающих элементов — изменений в организмах, идей в научном творчестве. Но следующим необходимым этапом становится жесткий отбор, который отбрасывает неудачные варианты и позволяет сохранить наиболее удачные¹⁾.

Эта аналогия имеет не только поверхностный характер. Можно сказать, что и далее развитие идей имеет определенное сходство с эволюционным развитием возникающих признаков, поскольку на основе первоначально возникших и сохраненных отбором представлений возникают в том же порядке новые, сначала опять разнообразные и вновь подвергающиеся жесткому отбору. Указанное явление в какой-то степени аналогично многоэтапному отбору в эволюции, происходящему на основе изменений уже ранее отобранных и закрепляющихся наследственностью, а далее вновь дающих разнообразное напластование новых изменений, также отбираемых на следующих этапах.

Подобная же идея была далее развита в 20-х гг. А. А. Богдановым в специальной главе его «Тектологии», которая в последнем издании была опущена в предположении расширить ее в виде отдельной новой части книги о всеобщей организационной науке. В обоих случаях — у К. А. Тимирязева и А. А. Богданова — речь шла о мышлении человека.

В начале 60-х гг. крупный психиатр и кибернетик У. Р. Эшби посвятил специальную статью обсуждению вопроса о том, что такое «мыслящая машина». Сколько можно судить, он в данном случае не предполагал, что имеются радикальные различия в основных принципах мыслительной работы машины и человека, хотя *непосредственные механизмы* в обоих случаях различны. Основной идеей Эшби было представление о том, что мыслящая машина производит *отбор* решений, исходя из заложенной в нее информации. На протяжении небольшой статьи Эшби (шесть страниц) слово «отбор» и «подбор» повторяется около трех десятков раз, что даже чисто внешне подчеркивает, насколько эта

¹⁾ В статье «Историческая биология и экономический материализм в истории» К. А. Тимирязев возвращается к этой идее и указывает не только на ряд ярких примеров, но и на аналогичные взгляды А. Пуанкаре.

идея, с точки зрения Эшби, представляется доминирующей в процессе мышления²⁾.

Такое сходство взглядов ряда независимых авторов, подходивших к вопросу с различных точек зрения, заставляет, во всяком случае, считаться с большой убедительностью развитых ими представлений, тем более, что последний из авторов — Эшби — уже исходил из совершенно реальных технических моделей, выполняющих те же функции, что и мышление человека.

Изложенная схема, конечно, еще очень обща и оставляет много неясных вопросов, начиная с проблемы возникновения новых идей, а также путей и факторов их дальнейшего отбора, и кончая уже весьма специфическими вопросами о различии способностей, о специфике различных видов научного и художественного творчества и т. д. Тем не менее нам представляется, что как рабочая гипотеза, служащая предпосылкой для ряда дальнейших рассуждений, эта схема может быть чрезвычайно плодотворной.

Рассмотрев те случаи, где нам детально известны некоторые этапы творческого процесса ученого, часто мы можем видеть основные элементы изложенной схемы, а именно: возникновение у автора новых избыточных предположений и идей и их дальнейший отбор, то есть отбрасывание части из них, что вызывает (в порядке обратной связи) стимуляцию к созданию новых предположений, гипотез, отдельных комбинаций мыслей для нового отбора и т. д.

Тщательно разобранный Б. М. Кедровым случай работы Менделеева над его системой, с различными уточнениями и изменениями ее на последних этапах, на наш взгляд, может быть иллюстрацией этого основного представления о путях творчества.

Современным эволюционистам известно, что процессы эволюции в известной мере можно расчленить поэтапно, во-первых, на возникновение новых изменений (мутаций), во-вторых, их случайное распространение или исчезновение, пока они еще мало подвержены отбору из-за своей малочисленности (дрейф генов), и, наконец, на третьем этапе — окончательный отбор, определяющий судьбу возникших изменений. При этом в определенных условиях резко преобладают первые два процесса, в частности в малых популяциях,

²⁾ Та же идея высказывалась и художниками слова, в частности А. К. Толстым, который в одном из писем отмечал, что создать хорошее стихотворение может и средний поэт, но самое трудное — уничтожить стихи плохие. Аналогичные мысли Л. Н. Толстого приводит К. А. Тимирязев в уже цитированной нами статье.

где отбор относительно слаб и не всегда успевает вмешаться в судьбу не особенно вредных изменений, благодаря чему они могут в некоторой степени распространяться даже вопреки интересам вида. В других случаях, преимущественно в больших популяциях, мало колеблющихся в своей численности, напротив — резко преобладает процесс отбора. Тем не менее, рассматривая большие отрезки времени, можно сказать, что и разбивка вида на малые популяции, временно уменьшающая удельный вес отбора, тоже имеет свои преимущества, в конечном счете полезные для эволюции путем отбора, так как создается большее многообразие комбинаций признаков, в первоначальный момент иногда включающих особенности не вполне полезные, но при изменении среды оказывающиеся ценным материалом для эволюции большого масштаба.

Если подойти с этой точки зрения к типологии творчества, то мы можем выделить две крайние формы, наблюдающиеся у ряда исследователей. В первом типе — продуктивном, но с ослабленным отбором, мы имеем большое богатство идей, часто очень необычных и в известной своей доле неубедительных и даже абсурдных. Крайний представитель такого типа ученых не всегда доводит до конца разработку своих идей, но нередко они служат источником, обогащающим дальнейшее развитие науки. К этому типу можно отнести весьма различных в других отношениях ученых.

Ярким представителем данного типа является, например, талантливый советский генетик А. С. Серебровский, высказавший ряд интересных представлений, связанных со строением гена, с ролью изоляции в случайных колебаниях концентраций наследственных признаков (что было своего рода предварением представления об упоминавшемся дрейфе генов), сформулировавший независимо от других идею об эволюции проявления генов, высказавший интереснейшие и, по-видимому, вполне обоснованные представления об эволюционном значении гетерозиса и т. д. И одновременно тот же автор, увлекшись, например, терминологическими вопросами в области генетики, сделал целый ряд предположений, не выдержавших уже на самом первом этапе после публикации никакой критики и вызывавших иногда весьма резкую реакцию со стороны научных кругов.

Противоположный тип исследователя достаточно широко известен. Я позволю себе не приводить здесь имен, поскольку ученые прошлых эпох, принадлежащие к этому типу, при всей их ценности, редко оставляли нам свои имена, а современные ученые вряд ли были бы благодарны за помещение их в настоящую категорию. Это — тип людей нередко с ясным умом, четкой логикой, широким мышлением и большой

работоспособностью и эрудицией. Лучшие представители данной категории вносят большой вклад в науку, но в гораздо большей степени способны блестяще развивать идеи, возникшие у других авторов, чем создавать их сами.

Естественно, что наиболее полноценным типом ученого является синтез обеих форм или оптимальное сочетание тех и других особенностей, которое мы наблюдаем у самых крупных исследователей типа Дарвина, Павлова, Фарадея и ряда других. Тем не менее нам свойственно, когда мы сравниваем лишь крайние типы, признавать в творческом отношении преимущества скорее первого, чем второго из описанных типов.

Изложенная типология в свою очередь позволяет лучше понять некоторые факты, обнаруженные в отношении представителей творческого труда.

Какие условия вообще способствуют процессам творчества? Естественно, исходя из сказанного выше (и это — почти очевидный факт), что первым и основным условием служит богатое создание новых сочетаний на основе имеющейся информации. Так же естественно, что это связано с богатством памяти и повышенной активностью исследователя. Но это, по-видимому, не единственные условия. Ряд авторов со времени Ломброзо упорно подчеркивает связь одаренности с наличием психопатических черт личности, не выходящих, конечно, за известные пределы, за которыми нарушается ее полноценность. Одна из наиболее известных попыток такого рода — работа крупного психиатра Э. Кречмера [9], в которой констатируется, что даже у наиболее здоровых на первый взгляд представителей научного, политического и художественного творчества, таких как В. Гете, О. Бисмарк и другие, бесспорно отмечаются по биографическим данным отчетливые психопатические черты. Опираясь на проведенное им в 20-х гг. в Петрограде обследование ученых, Ю. А. Филипченко утверждал, что с повышением ранга ученых можно отметить две особенности: увеличение гибридности происхождения (национального) и увеличение отягощенности психопатическими особенностями самих ученых или представителей их семьи [4, 5, 6, 7].

Такого рода выводы нельзя считать установленными, поскольку они не опираются на достаточно прочный статистический материал. Поэтому речь может идти сейчас лишь о постановке проблемы и о формулировании возможных подходов к ее решению.

Известный психиатр П. Б. Ганнушкин, мимоходом отмечая эту проблему [2], приписывал такую корреляцию тому,

что более активные личности ярче проявляют себя в равной степени как в творчестве, так и в психопатологии.

Независимо от него и полнее высказал эту идею физиолог Л. В. Крушинский, исходя из своих чрезвычайно интересных опытов на животных. Он показал, что целый ряд бесспорно наследственных форм поведения не выявляется при сочетании со снижением наследственной возбудимости, но может быть выявлен путем искусственного повышения этой возбудимости. Гипотеза Л. В. Крушинского заключается в том, что и способности творческого характера, и ряд патологических черт выявляются только при наличии достаточного уровня возбудимости.

Как может быть представлен механизм действия повышенной возбудимости? Несомненно, что большую роль может играть здесь просто повышенная активность и заинтересованность соответствующих лиц. С другой стороны, можно допустить, что недостаточная возбудимость не позволяет сразу же ввести в действие целый ряд психофизиологических элементов, одновременное сопоставление которых необходимо для решения вопроса. Сопоставление же их по отдельности не позволяет еще создать необходимую систему идей для решения задачи.

Подобная возможность может быть проиллюстрирована наблюдавшимся мною (правда, единичным) случаем при решении математической задачи. Научный работник, биолог, занявшись математикой, наткнулся на простую по видимости задачу (неравенства), которую он не мог решить в течение нескольких недель. Задача оказалась настолько трудной, что ее не смог решить и высококвалифицированный профессор математики, бывший консультантом того же института. В это время у биолога произошел резкий конфликт с администраторами по поводу перевозки его больной жены, приведший его в состояние сильнейшего возбуждения. Неожиданно администратор позвонил ему о согласии выполнить его требование, и возбуждение потеряло свой смысл и направленность, но некоторое время еще сохранялось. Научный работник, чтобы успокоиться, сел за задачу — и решил ее в несколько минут.

Таким образом, возбуждение может играть роль фактора, увеличивающего продукцию исходных представлений, подлежащих позже отбору. Это предположение тем более интересно, что оно, вероятно, может быть легко проверено экспериментально.

Можно допустить, что по аналогии с эволюционными явлениями слишком интенсивно идущий отбор может

на первом же этапе преждевременно исключить возникновение целого ряда новых мысленных комбинаций, как это имеет место и с интенсивным отбором мутаций в эволюционном процессе, причем часть таких комбинаций была бы на более позднем этапе полезной и продуктивной. В социально-психологическом разрезе это особенно понятно, ибо отбирающим фактором здесь в значительной степени служат уже принятые ранее, социально апробированные представления, которые при слишком большом к ним доверии могут оказаться препятствием для создания новых гипотез, более адекватных новым данным, но не согласующихся с утвердившимися ранее представлениями. Поэтому чрезмерная контактность, ведущая к повышенной зависимости от мнения других ученых, как правило, препятствует развитию творческого процесса. Конечно, это не относится к тем случаям, когда контактность имеет характер по преимуществу активного влияния на других. Но обычно увеличение контактности сопровождается и повышением восприимчивости к чужому мнению.

В данном отношении можно провести параллель с утверждением некоторых биографов Фарадея, подчеркивающих, что одним из благоприятных условий для возникновения его оригинальных представлений было неполное знание взглядов, уже принятых в то время в науке. Если это верно, то в данном случае неполнота знания также уменьшила роль принятых научных стереотипов, как факторов психологического отбора. Контакт был нарушен не за счет изоляции от окружающих, а за счет изоляции от научных предшественников.

Как крайнее выражение мнения о неблагоприятном действии общепринятых взглядов можно привести фразу Нильса Бора о том, что новая физическая гипотеза может быть истинной только при условии, что она достаточно абсурдна. С этой точки зрения чрезмерное психологическое соприкосновение со средой даже лиц, весьма одаренных, и вытекающее отсюда чрезмерное усвоение ими общепринятых представлений при исследовании в областях, требующих новых подходов, крайне неблагоприятно. И вместе с тем черты личности, в известной мере изолирующие ученого от чрезмерного психологического контакта со средой, могут оказаться полезными для первоначального развития идей, которые должны созреть и усовершенствоваться, прежде чем они подвергнутся жесткому отбору критики.

Хотелось бы указать еще на некоторые коррелятивные связи, говорящие о благоприятных условиях для определенных видов творчества. Не проводя специальной статистики,

автор обратил, однако, внимание на то, что целый ряд крупных теоретиков в различных областях знания отличался определенными особенностями характера, которые можно скорее отнести к области моральной, чем к области, имеющей прямое отношение к научной деятельности. Так, Дарвин и Фарадей, В. О. Ковалевский и Эйнштейн, Нильс Бор и Дж. Холдейн и целый ряд других выдающихся теоретиков естествознания характеризуются биографами как люди исключительной доброты.

Эти черты характерны даже для чрезвычайно темпераментного и резкого в первых реакциях И. П. Павлова, который тем не менее в общих своих высказываниях и в ряде житейских поступков проявлял в конечном счете большое внимание к страданиям людей и животных.

Распространенность этой черты у создателей крупных новых концепций или у ученых, оригинально развивавших их, еще должна быть подтверждена статистически, однако логическая связь ее с предпосылками к широким обобщениям легко может быть объяснена тем, что то, что мы называем добротой в моральном аспекте, чрезвычайно тесно связано со способностью становиться на точку зрения другого человека, а у ученого — на точку зрения инакомыслящего оппонента. Последнее же служит крайне важным условием объективности при создании гипотезы, особенно в условиях, где иная проверка этой гигантской работы на каждом этапе почти невозможна, и где подтверждение гипотезы зачастую далеко отстоит по времени от ее окончательного формулирования. Так это было в значительной степени с теорией Дарвина, хотя она и покорила сразу ученый мир своей логичностью. Так обстояло дело и с теорией относительности, и с рядом других широких обобщений.

Сказанное имеет прямое отношение к основной гипотезе, изложенной вначале. Доброта и способность становиться на точку зрения другого человека не является простым побочным следствием контактности, как это может показаться первоначально, хотя она может, естественно, коррелировать с ней. Есть четкое различие между легкостью повседневного контакта с бессознательным восприятием общепризнанных точек зрения и способностью сознательно приравнять чужие переживания и точки зрения к своим. Если контактность в значительной степени зависит от общего физиологического состояния нервной системы, то указанные особенности имеют под собою скорее основу врожденных инстинктов и установок, созданных воспитанием. Не имея возможности подробнее разбирать данный вопрос в короткой статье, необходимо лишь указать на различие в происхождении этих двух

особенностей и на то, что в отборе логических конструкций они выступают на разных этапах научного творчества: контактность — на слишком раннем, а способность становиться на чужую точку зрения — на позднем этапе; поэтому они играют почти противоположную роль в отборе реакций и создавшихся систем взглядов в процессе творчества.

Таким образом, в первом приближении картину творческого процесса можно представить себе так: на первом этапе — богатство возникающих новых сочетаний, чему благоприятствует определенный физиологический фон, в частности (конечно, не только) — повышенная возбудимость. При этом можно думать, что последнее свойство не только увеличивает активность исследователя и количество новых идей, возникающих при рассмотрении занимающей его проблемы. Самый характер связей фактов, вероятно, становится более полноценным. На эту мысль приводит и приводившийся выше пример биолога, решавшего математическую задачу. Несомненно, что за несколько недель он перебрал возможных сочетаний и подходов больше, чем в те несколько минут, когда под влиянием возбуждения он решил задачу. Очевидно, что и *качественный* состав возникающих решений расширяется. В сознание одновременно включается большее количество предпосылок, и из них могут возникать такие мысленные конструкции, которые никогда не могут быть получены последовательным перебором любого количества сочетаний из тех же данных, но построенных в каждом случае из меньшего числа элементов. Так (если позволительно привести для пояснения мысли столь общий пример), теория Дарвина требовала обязательно одновременного учета изменчивости, наследственности и геометрической прогрессии размножения. Только при этом условии можно было делать вывод о неизбежности естественного отбора и о его творческой роли. Выпадение из рассуждения любой из предпосылок делало бы невозможным такой вывод. Наследственность и изменчивость без конкуренции, вызываемой ростом численности, не дают основания для представления об отборе. Даже рассмотрение изменчивости и роста численности без учета закрепляющей и суммирующей роли наследственности, формально рассуждая, не дало бы основания для представления о творческой роли отбора. Аналогично этому, соединяя любые две точки прямыми, мы никогда не получим ограниченный участок поверхности, а соединяя три точки — не очертим объемную фигуру. Точно так же целый ряд решений не может быть достигнут перебором любого количества гипотез, не учитывающих хотя бы одного из необходимых

для этого решения звеньев. Повышение же возбудимости может обеспечивать, наряду с количеством решений, и больший объем учитываемых в каждом из них условий. Об этом говорят, видимо, и данные из биографий ученых (например, С. В. Ковалевской и др.), где творческий процесс создавался краткими, но высокими подъемами активности, за которыми следовали долгие периоды спада.

Возникновение и первоначальное развитие идейного материала облегчается при известной независимости от уже существующих частью устарелых научных представлений. Иногда это обеспечивается характерологическими чертами, иногда даже недостаточной осведомленностью. Интересно, что И. П. Павлов пошел по этому пути отгораживания сознательно, запретив на долгое время пользоваться в своей лаборатории психологической терминологией, что облегчило изоляцию от уже сложившихся представлений о поведении, которые могли бы подавить новые формы интерпретации экспериментальных данных.

Второй этап — долгий, обычно, период развития новых идей, а следующий за ним этап — период окончательной критики их в целом. Последний проходит с большим совершенством у исследователей, характерологически более способных становиться на точку зрения своего — реального или мыслимого — оппонента, что находится в сочетании с проявлениями личной доброты.

В анализе творческого процесса большое значение имеет выявление благоприятствующих условий.

Мы полагаем, что изучение коррелятивных связей способности к творчеству с различными биологическими и социальными особенностями, характеризующими лиц творческого труда, необходимо и вполне назрело. Намеченные выше проблемы, конечно, могут быть и не самыми важными, но, как нам кажется, решение их может оказать достаточно существенное влияние на разрешение всей проблемы в целом, и потому вопрос заслуживает того, чтобы быть поставленным в настоящее время на повестку дня.

Литература

1. *Богданов А. А.* Всеобщая организационная наука. Берлин, 1922.
2. *Ганнушкин П. Б.* Клиника психопатии. М., 1933.
3. *Тимирязев К. А.* Творчество человека и творчество природы // Сочинения. Т. VI. М., 1939.

4. *Филипченко Ю. А.* Статистические результаты анкеты по наследственности среди ученых Петербурга // Известия Бюро по евгенике. 1922. № 1.
5. *Филипченко Ю. А.* Наши выдающиеся ученые // Известия Бюро по евгенике. 1922. № 1.
6. *Филипченко Ю. А.* Результаты обследования ленинградских представителей искусства // Известия Бюро по евгенике. 1924. № 2.
7. *Филипченко Ю. А.* Некоторые результаты анкеты по наследственности среди ленинградских студентов // Известия Бюро по евгенике. 1924. № 2.
8. *Эшби У. Р.* Что такое разумная машина // Зарубежная радиоэлектроника. 1962. № 3.
9. *Kretschmer E.* Geniale Menschen. Berlin, 1931.

НАУКА ОБ ОРГАНИЗАЦИИ И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУКИ*

В последнее время большое внимание уделяется вопросам поиска рациональной организации управления сложными системами, такими как предприятие, система взаимодействующих предприятий, отрасль производства, коллектив людей, занятых общим делом, и т. п. Все эти вопросы, грубо говоря, можно подразделить на две группы: качественное и количественное рассмотрение процессов управления.

К первой группе относится выяснение того, какие потоки информации необходимы, в какой степени важна иерархическая организация управления системой, какие относительно автономные звенья управления необходимы и каковы должны быть их функции, т. е. права и обязанности. Ко второй группе вопросов относится выявление тех параметров, от которых зависит качество управления, выработка методов присвоения им численных значений и их измерения, выработки критериев качества управления как функций этих параметров и, наконец, построение математических методов, позволяющих находить такие процессы управления, которые хотя бы приближенно оптимизируют эти критерии.

В этой связи возникает масса вопросов, связанных с кодированием информации, изучением строения управляющих алгоритмов, а также с изучением управляющих систем. Весь комплекс этих вопросов в широком смысле относится к области кибернетики, однако нередко первую группу вопросов рассматривают как самостоятельную область науки, которую называют общей теорией систем. Впрочем, ясно, что обе группы вопросов между собой органически связаны и что невозможна рациональная трактовка количественных вопросов, пока должным образом не рассмотрены вопросы качественные.

* Источник: [1972 в]. Статья публикуется с сокращениями. В настоящем издании представлены разделы, в которых рассматриваются проблемы организации науки. — *Прим. ред.*

В настоящей статье А. А. Малиновский, который давно занимается вопросами общей теории систем, рассматривает существующую у нас организацию науки с точки зрения общей теории систем и на основе проведенного анализа формулирует целый ряд вопросов, заслуживающих самого пристального внимания.

*Чл.-корр. АН СССР
А. А. Ляпунов*

(...)

Системные проблемы организации науки

Вопросы организации науки в настоящее время тщательно изучаются в науковедении, и данная статья не ставит задачи излагать все полученные результаты. Мы коснемся лишь некоторых сторон этой проблемы исключительно с позиций теории организации систем. Как же можно рассматривать науку с системной точки зрения?

Каждую систему можно изучать как часть, или подсистему, системы более обширной. Для науки это означает ее рассмотрение как части системы социальной. Она необходима обществу всегда, а на данном этапе уже стало общепризнанным, что наука приобрела значение производительной силы. Она является порождением общества. Вып.няет определенные общественные функции, зависит от общества и влияет на него. Но, кроме того, она обладает определенной собственной структурой, в значительной степени обусловленной ее собственными закономерностями и, в немалой степени, — влиянием на нее общества как целого. Мы будем говорить, в основном, о некоторых проблемах, связанных со структурой самого процесса научной деятельности, хотя при этом нельзя не коснуться и ее внешних связей с различными сторонами общественной жизни. Система науки извне получает средства и кадры и сама воздействует на подготовку кадров, а рентабельность научной деятельности для общества в значительной степени определяет размеры затрат на нее. Как производительная сила, она влияет на развитие общества в целом. Она связана с производством и с печатью, которые служат для нее и источником информации, и практической проверкой ее достижений. Это все лишь некоторые из связей науки с обществом.

Что касается структуры самой науки, то здесь надо вспомнить сказанное выше о том, что любая реальная система может рассматриваться в ряде аспектов, причем в разных

аспектах она распадается на иные элементы и обладает иными типами связей, т. е. иной структурой. Так, вид животных, рассматриваемый в экологическом разрезе, может выглядеть как целое, характеризующееся определенными пищевыми, энергетическими и другими прямыми и обратными связями с внешней средой. Рассматриваемый с популяционной точки зрения, он окажется дискретной системой разной степени дробления (особи, популяции и т. д.). Взятый в разрезе большого эволюционного масштаба, вид будет представлять собою цепь поколений с характерным типом последовательных изменений — в одних случаях более или менее закономерно направленных, а в других — с преобладанием случайной смены направлений, типа смены идиоадаптаций.

То же относится и к науке как системе в ее разных аспектах. Так, взятая в разрезе узко управленческом, система науки в СССР представляет собою неполно централизованную иерархическую структуру, слагающуюся: из различных категорий сотрудников (элементов системы), входящих в различные институты; из руководящих ими ведомств (звенья или подсистемы); из центральных организаций в виде Академии наук СССР, Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике. При этом, помимо иерархичности, можно отметить цепь сложных обратных связей — как вертикальных, между элементами и звеньями различного уровня (сотрудник, директор, министерство или Президиум АН СССР и т. д.), так и горизонтальных (между сотрудниками, лабораториями, институтами и пр.). Наличие таких множественных отношений увеличивает прочность связей и приближает организационную схему к неполно жесткому типу.

Взятая в разрезе научного процесса (например: предварительная информация — эксперимент — информация о результатах — практическое приложение), наука представляет собою цепь процессов, т. е. типичную жесткую систему, где каждое предыдущее звено лимитирует развитие последующего (мы здесь для сокращения изложения упростили картину, не упомянув роли материальных — финансирование, снабжение, оборудование — и других предпосылок процесса).

Возможно рассматривать научную систему как состоящую из элементарных единиц — отдельных исследований. Тогда она имеет разную типологию при подходе к ней как к плано-отчетной системе (определяемой иерархической управленческой структурой) и как к системе публикаций (последний подход часто принят в науковедении). В первом случае это система довольно жестких отношений, во втором — сравнительно дискретного типа.

Не имеет смысла в небольшой статье перечислять все возможные аспекты, в которых может рассматриваться организация науки и научная деятельность. Важно то, что при рассмотрении каждой проблемы здесь возможен адекватный системный подход с соответствующей обобщенной характеристикой связей и вытекающими отсюда выводами. Ниже мы постараемся показать, как могут решаться отдельные, важные для нашей науки вопросы в свете системного подхода.

Наука: слабые и сильные звенья

Бесспорно, что ни один из крупных научных организмов (типа нынешних академий наук) не может быть построен по принципу энциклопедии, т. е. включать в себя институты, охватывающие все разделы науки. Однако главные разделы в такой научной системе должны быть. К сожалению, при обсуждении вопроса о создании тех или иных новых институтов трудно бывает решить, какие из них необходимы в первую очередь, ибо и за и против приводятся достаточно убедительные аргументы. Эта трудность выбора объясняется тем, что при рассмотрении проблем по отдельности обычно упускаются задачи развития науки в целом, т. е. к вопросу подходят без учета теории систем. Между тем если научные области рассматривать не изолированно, а как звенья более широкой системы наук, это позволяет подойти к вопросу с более общих позиций, использовать структурный анализ.

В. И. Ленин говорил о необходимости найти решающее звено в каждой проблеме и ухватиться за это звено. Там, где мы имеем дело с системой невыясненного типа, решение этого вопроса в значительной степени зависит от одаренности исследователя и полноты его знаний о частных особенностях данной системы. Но там, где общий тип организации уже можно определить, теория систем дает некоторые обобщенные рекомендации — какое именно звено считать решающим. Для любой системы жесткого типа (а наука, как говорилось, в ряде аспектов относится к более или менее жестким системам) одним из важнейших звеньев является слабейшее: отставание (или, тем более, отсутствие) этого звена сдерживает развитие всей системы, в данном случае — научной.

Так, в Академии наук СССР до сих пор не были представлены — как самостоятельные дисциплины — психология и биология человека, что неизбежно отрицательно отражалось на всей системе наук — естественных и гуманитарных. В настоящее время человек, как наиболее изученный объект, становится важнейшим источником наших представлений

в общей генетике (молекулярные основы осуществления признака, проблема генокопий и т. д.). В физиологии у нас практически угасло важнейшее направление типологии высшей нервной деятельности, заложенное И. П. Павловым, угасло потому, что дальнейшее его развитие было возможно именно только путем сочетания экспериментов на животных и исследований на человеке.

Среди гуманитарных наук изучение проблем психологии творчества, литературоведения, этнической психологии (имеющей практическое значение при соприкосновении с народами иной культуры) хотя и проводится в отдельных, специальных институтах, но без фундаментальных исследований по общей психологии, что снижает уровень работ и вносит элемент кустарности. Изучение наиболее развитых форм высшей нервной деятельности, свойственных человеку, может сыграть существенную роль и в таких областях, как передача информации, распознавание образов и т. д. Это лишь немногие примеры того значения, которое имеет и в смежных и в далеких областях развитие фундаментальных исследований по биологии человека и психологии. Не приходится говорить о собственном значении фундаментального развития этих областей, которое не может быть подменено частными исследованиями в отраслевых академиях и институтах. К таким проблемам относятся: проблема продления жизни, увеличения творческого потенциала нормального взрослого человека и ряд других проблем, интересующих каждого человека и важных для государства. Но, разумеется, развитие любой области несет и много важных непредсказуемых результатов. В этом отношении интересен один старый пример.

В раннюю эпоху английского господства в Индии ряд ученых, английских и индийских, из интереса к «чистой» науке занялись исследованиями старинных священных текстов. Неожиданным результатом было открытие того, что обычай сожжения вдов после смерти мужа, который брахманы мотивировали ссылками на Веды, в действительности не имеет основания в этих текстах. Такое открытие ускорило и облегчило законодательную отмену этого жестокого обычая. Примеров подобного рода много в любых областях. Изучение взаимоотношения плесени и микроорганизмов — вопроса, интересного, по-видимому, лишь с чисто познавательной точки зрения, — привело к открытию пенициллина и развитию производства антибиотиков. Это лишь небольшие иллюстрации системной целостности науки. Тем более в наше время все увеличивающегося сближения и взаимодействия наук нельзя уже надеяться на то, что успех на отдельных направлениях науки как бы прикроет отставание на других направлениях.

Сказанное не отменяет требования и к усилению наиболее сильных звеньев науки. Любая активная система, т. е. система, разрушающая противостоящие ей препятствия, определяется в своей эффективности в равной степени и по слабейшему звену и по наиболее сильному. Если слабость первого тормозит ее развитие (или делает ее уязвимой), то развитие второго определяет успех разрушения противостоящих систем. Наименее существенным является укрепление звеньев, имеющих болсс или менее средний уровень развития. В биологических объектах исключительная роль сильнейших звеньев хорошо иллюстрируется тем, как многие виды животных особенно мощным развитием лишь одной из систем обеспечивают свое существование в борьбе с другими видами. Способность к полету птицы, древесный образ жизни обезьян и ленивцев, яд змеи — все это обеспечивает этим животным разрушение системы нападения на них многих болсс мощных (в других отношениях) хищников. Прорыв противостоящего фронта на наиболее перспективном направлении часто дает возможность одним ударом повысить эффективность всей активной системы. За последнее время в биологических науках таким направлением будет переход на молекулярный уровень; в точных и технических науках их эффективность была сразу умножена введением машинной вычислительной техники. Можно думать, что в ближайшую эпоху такую же роль в логике ряда наук сыграет развитие теории систем, позволяющей решать самые различные вопросы в обобщенном виде, а в организации науки — развитие науки о самой науке.

Другие аспекты дифференциации научного творчества

Развивающаяся система обычно подвергается дифференциации, т. е. разделению на отдельные, качественно различные подсистемы. В системах биологического и более высокого уровня, если этот процесс сопровождается интеграцией, он приводит, как правило, к более эффективному функционированию системы. Такова дифференциация зиготы в онтогенезе, приводящая к образованию развитого организма, дифференциация вида на подвиды, занимающие экологически различные ареалы (а далее — и ниши одного ареала); в поведении — переход от недифференцированной формы реакции личинки амфибий к более сложному поведению; на социальном уровне — дифференциация социальных функций, дифференциация элементов языка и т. д. Выше мы говорили

о роли дифференциации науки, так сказать, по горизонтали — о дифференциации различных областей теоретического знания, о преимуществах дифференциации и о преодолении интеграцией ее отрицательных сторон. Теперь остановимся на дифференциации науки в другом аспекте.

В ряде наук, в том числе естественных (физика, астрономия, отчасти химия), произошла дифференциация на теоретическую и экспериментальную (или описательную) ветви. Это, как всякая дифференциация в обществе, имеющая форму разделения труда, повышает конечную эффективность научных исследований за счет взаимного дополнения: с одной стороны — большей точностью и глубиной экспериментальных исследований, с другой — за счет большей самостоятельности теоретической мысли, позволяющей на более широком (не личном) материале свободно строить новые оригинальные мысленные конструкции.

Однако это разделение коснулось еще не всех естественных наук. В некоторых из них процесс задержался вследствие неблагоприятных условий для формализации знаний. Поэтому в биологии, географии и связанных с ними науках теоретические построения хотя и пользуются иногда уважением у коллег, но, за исключением математики и физических наук, почти никогда не являются основой для официального признания ученого, если они не вкраплены в какую-то более «обстоятельную» эмпирическую или изобретательскую работу. Сама по себе удачно созданная гипотеза или оригинальная мысль в глазах большинства представителей этих естественных наук существенной ценности не имеет, так как традиция (всегда связанная с инерцией положительной обратной связи) ведет к упорной недооценке всего, что не обосновано накопленным эмпирическим материалом.

Это, между прочим, сказывается и в создавшемся традиционном отношении к заимствованию чужих мыслей. Я позволю себе не приводить примеров, но можно сказать с полным основанием: хотя плагиаты и заимствования морально осуждаются (что находит отражение в печати), юридической ответственности лица, занимающиеся намеренным и явно злостным заимствованием, тем не менее иногда не несут. Между тем такое отношение, помимо моральной стороны, имеет и чисто практическую, задерживая выделение теоретических методов в особую целостную область. Высказывание новых мыслей, которое, несомненно, могло бы происходить гораздо чаще и быть более продуктивным, способствуя образованию самостоятельной области теории, сдерживается тем, что теоретические публикации, так сказать, в «обнаженном»

виде, т. е. без сопровождения большим собственным фактическим материалом, во-первых, неохотно принимаются редакциями многих журналов и, во-вторых, не вызывают уважения у коллег. Последнее, кстати, дает полный простор для любителей заимствований, которые, увязывая такую новую мысль в какой-то мере со своими исследованиями, повышают этим их ценность, зачастую невысокую.

В настоящее время гипотезы как таковые часто не имеют того признания, на которое они в принципе могли бы и должны были бы рассчитывать. Поэтому в биологии и географии из-за своего рода скепсиса к «чистой» теории и в какой-то мере из-за официальных трудностей нарушается возможность полезной дифференциации системы науки на теорию и эксперимент, что приводит к ограничению теоретических публикаций, к снижению уровня теоретической работы. И здесь мы вновь встречаемся, уже совершенно в ином разрезе, с науками «об отношении вещей» — с теорией систем и другими. Являясь основным интегрирующим фактором в науке, они связаны главным образом (а иногда исключительно) с теоретическим аспектом всех этих наук, они связывают все научные области именно через теорию. Поэтому, как это ни парадоксально, дифференциация отдельных наук на область теоретическую и описательно-экспериментальную способствует усилению связей различных наук между собой в одной целое.

Дифференциация научной деятельности имеет прямое отношение и еще к одному крайне злободневному вопросу.

Как реализовать открытие

Очень остро стоит ныне вопрос о внедрении целого ряда удачных исследований и открытий, не находящих пока себе применения в практике, хотя такое применение они явно могли бы найти. Известно, что иногда дело ограничивается открытием или формулировкой новых принципов, которые детально излагаются в статьях, но не доводятся до практической реализации. Это прежде всего относится к биологии, но примерно такое же положение и в других науках. В чем тут дело?

Рассматривая этот вопрос с системной точки зрения, вероятно, можно найти рациональные подходы к его решению. Как говорилось, современная дифференциация наук привела к столь сильной специализации, что ученые, даже работающие в близких друг другу областях, не всегда достаточно информированы о содержании смежных наук. С этим мы

примирились, хотя, несомненно, это приносит значительный ущерб исследовательской работе. К сожалению, однако, мы совершенно не признаем значения того же самого явления, когда дело касается внедрения. Дифференциация коснулась ведь не только расчленения каждой науки по горизонтали — от науки к науке, но, как мы видели, и по вертикали: от теории к эксперименту, от эксперимента к литературной информации, от литературной информации к техническому приложению и от этого приложения к производственному внедрению. Если мы часто не требуем от специалиста-химика, чтобы он знал смежные области даже в химии так же совершенно, как свою, то очень странно требовать от ученого, чтобы он, кроме теории и эксперимента, знал технические методы, позволяющие создать проект, знал бы административные условия и всевозможные юридические и технические тонкости, связанные со всеми этапами дальнейшего внедрения открытия в производство.

Известно, что за рубежом многие конструкторы, занимающие видное положение, содержат специальный штат лиц, которые оформляют патентование их изобретений. У нас же эта обязанность (в целом институте!) обычно возлагается на нескольких или даже на одного человека, притом занятого нередко другим, основным делом (исследованием или конструированием), малоопытного во всех тонкостях как патентования, так и передачи предложений в производство. Благодаря этому нарушаются все преимущества разделения труда, и, как правило, дело в результате такого подхода останавливается на ранней стадии создания чисто научных достижений, в лучшем случае — с опубликованием, но без какой-либо доработки и подготовки к передаче в производство.

Эти маломощные, часто созданные из непрофессионалов, а то и на общественных началах, группы по патентованию и внедрению не только слабо подготовлены, но и мало заинтересованы в результатах. А если в отдельных больших организациях и институтах имеются хорошо работающие группы, то они и обслуживают только эти организации. Поэтому подавляющее большинство организаций или не обслуживаются, или обслуживаются чисто формально.

Какой же из этого может быть выход? На большие группы научных учреждений, например на все учреждения Академии наук СССР или хотя бы отдельно на каждую ее секцию, стоило бы, вероятно, создать специальное учреждение, единственной задачей которого было бы отыскание завершенных тем, пригодных к внедрению, и доведение их до этого внедрения (будет ли это патентование или окончательный пуск

в производство). Оценка же работы этого учреждения должна производиться прямо по количеству и качеству внедренных предложений. Только при такой — профессиональной — подготовленности и прямой, а не косвенной заинтересованности можно ожидать значительных успехов в процессе внедрения тех больших достижений, которые дает наука. Всякое же частичное решение будет, естественно, менее рентабельным.

Некоторые пути регуляции в системе науки

Высокоорганизованные системы — биологические, технические, социальные, — как правило, характеризуются той или иной степенью способности к саморегуляции. В обществе ряд систем может прямо регулироваться самим обществом. Но и в обществе, и в живых системах более экономичный и эффективный путь — развитие в подсистемах собственных регуляторных механизмов, которые лишь в особых случаях подвергаются внешним воздействиям, изменяющим направление их регуляции. Наука, как одна из подсистем общества, регулируется и непосредственным воздействием общества, и собственными механизмами. Последние могут быть развиты в большей или меньшей степени, от чего и зависит коэффициент полезного действия научных организаций в целом. Для иллюстрации мы коснемся только одной из проблем, связанной с саморегуляцией науки, оставив в стороне ряд других, не менее важных (в частности, может быть и наиболее важную проблему, — о прямой заинтересованности ученого в научном эффекте своих исследований).

Системы, подобные науке, не могут развиваться без эффективной обратной связи, которая, как следует из элементарных кибернетических представлений, служит основным условием любого целенаправленного процесса. Для науки одна из основных форм эффективной обратной связи идет через публикации и критику научных работ. Из-за недостаточного развития научной печати страдает уровень науки, так как происходит отставание публикаций, и, как одно из следствий этого, более позднее их практическое и теоретическое использование. Страдает и эффективность исследования, ибо из-за неосведомленности возникает ряд ненужных параллелизмов в работах учреждений и, следовательно, возрастают неоправданные затраты. И наоборот, некоторые нужные параллелизмы отсутствуют, например те, которые необходимы для взаимной проверки проделанных исследований. Наконец, особое значение имеет то, что печать, в отличие от системы административной организации науки, по типу приближается к системам дискретным.

Как уже говорилось, при внутренней жесткости системы отбор элементов в ней ослаблен, так как затруднено их свободное перемещение. В управленческом отношении организация науки приближается к жесткому типу, следовательно, уже по одному этому отбор ее элементов на различных уровнях (сотрудники, учреждения) несколько затруднен, в первую очередь — соответствующий задачам подбор кадров. Эти трудности возрастают еще больше благодаря слабому проникновению в жесткие системы (здесь — институты) отбирающего фактора, т. е. адекватной критики научных результатов, так как сотрудники и их работы как бы прикрыты всей системой учреждения в целом¹⁾. Конкретно мы знаем, насколько трудно проводить в них внутренний отбор кадров. Работа одного сотрудника дается на рецензию другому сотруднику, тот, не желая подводить друга или обострять отношения с врагом, признает ее достаточно ценной. Одновременно, не желая прослыть плохим рецензентом, он обязательно находит в ней недостатки. И все это — независимо от реальной ценности самой работы. В результате оценка многих работ оказывается нивелированной. Выделить ценные очень трудно, а это, естественно затрудняет и отбор кадров.

Между тем подбор кадров — одна из важнейших проблем в организации науки, так как эффективность системы зависит от трех факторов: качества элементов, их количества и общей структуры системы. Качественно высокий состав кадров — одно из основных условий эффективной работы научных учреждений. Решение этой проблемы — одно из основных условий повышения эффективности науки. (...)

Мне думается, что важна также широкая и быстрая публикация по возможности всех работ, завершенных в научных учреждениях. Это обеспечивает эффективную обратную связь в виде независимой критики со стороны и, следовательно, правильный дальнейший отбор этих работ. Система печати достаточно дискретна по типу, и отбор, т. е. научная оценка работы, в результате такой критики происходит легче и более объективно. А возможность объективнее отбирать хорошие работы позволяет и лучше оценивать создающие их кадры. Следует поэтому, вероятно, печатать даже сравнительно слабые работы (пусть в сокращенном виде) — хотя бы для

¹⁾ Аналогичные явления в биологических системах можно видеть в замедлении отбора органов, не соприкасающихся прямо с внешней средой (А. Н. Свверцов) и, особенно, паразитических форм экзогенного (т. е. собственно паразитов) и эндогенного (злокачественные новообразования) характера, многие из которых чрезвычайно неустойчивы во внешней среде (например, спирохеты), но весьма жизнеспособны под защитой пораженного ими организма.

надлежащей их критики. Здесь было бы обеспечено независимое мнение о них неофициальных рецензентов из других учреждений, лично почти (или совсем) не знающих автора и оттого более объективных.

* * *

В настоящей статье невозможно было сколько-нибудь полно охватить те актуальные проблемы развития науки, разрешению которых может в известной степени способствовать рассмотрение их с позиций системного подхода. Целый ряд проблем не был затронут в статье, другие были освещены неполно, поскольку приходилось одновременно, хотя бы кратко, останавливаться и на тех положениях системного подхода, которые имели значение для данных научных проблем.

Тем не менее даже вкратце рассмотренные иллюстрации, на наш взгляд, позволяют думать, что системный подход к проблемам организации науки может быть полезен и в постановке актуальных вопросов, и в их разрешении, а сама общая теория организации систем должна найти более заметное место в науке.

Рекомендуемая литература

1. *Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г.* Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности. М., 1969.
2. *Винер Н.* Кибернетика. 2-е изд. М., 1968.
3. *Добров Г. М.* Наука о науке. Киев, 1966.
4. *Малиновский А. А.* Некоторые вопросы организации биологических систем // Организация и управление. М., 1968.
5. *Малиновский А. А.* Общие вопросы строения систем и их значение для биологии // Проблемы методологии системных исследований. М., 1970.
6. Наука о науке. Сб. М., 1966.
7. Научное творчество. Сб. М., 1969.
8. Проблемы методологии системных исследований. М., 1970.
9. Системные исследования. Ежегодник 1970. М., 1970.
10. Философские и социологические исследования. Сб. Л., 1967.
11. *Эшби У. Р.* Введение в кибернетику. М., 1959.

ПУТИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ*

Я думаю, что я показал в науке оригинальность, так как я сделал открытия в отношении обыкновенных предметов.

Ч. Дарвин

Введение

В жизни каждой естественной науки наступает такое время, когда простое описание, классификация явлений или даже эксперимент становятся недостаточными и начинают выделяться в особый, самостоятельный раздел логические методы, в первую очередь математические. По воспоминаниям Поля Лафарга, Карл Маркс считал, что наука только тогда достигает совершенства, когда ей удастся пользоваться математикой. Математика действительно является самым разработанным разделом среди теоретических методов, применяемых в любой отрасли знания. Но к ней, конечно, неизбежно примыкают и другие логические построения, общие для всех наук или специфические для данной дисциплины. Таковы логические представления, легшие в основу теории относительности в современной физике, разные формы исторического метода в социальных и биологических науках и т. д.

Для биологии время выделения теории как самостоятельной отрасли наступило позже, чем для многих других естественных наук — механики, физики или химии, но она уже властно заявляет о себе. Зачатки теоретических методов, разумеется, возникают задолго до выделения теоретической области науки, как чего-то относительно независимого и целого. В биологии первые теоретические источники дошли до нас в виде натурфилософских построений, может быть, слабо

* Источник: [1969 в].

обоснованных, но уже содержавших попытки проникнуть логическими методами в сущность явлений жизни. Но наиболее полным выражением теоретического метода явилась в начале второй половины XIX века теория Дарвина, обобщавшая разнообразные явления из уже разошедшихся ветвей биологии. Он силой своей логики создал здание, которое сейчас является источником теоретических построений для всех наук о жизни. Но к этому мы вернемся несколько позже.

Чтобы правильно оценить значение теории, необходимо ответить на вопрос — какова основная задача науки? Мы постараемся дать ответ, но не с точки зрения историко-социальной, а с точки зрения непосредственно работающего в ней ученого. Не вдаваясь в тонкости, можно было бы ответить так: основной задачей является расширение знаний и углубление понимания этих знаний. Но что значит знание и понимание? Описание фактов?

Первобытный человек знал, вероятно, фактов не меньше, чем современный ученый, но это были не те факты, и он понимал их не так, как современный ученый. Он, может быть, видел больше животных и растений, чем современный биолог, но он видел одних и тех же животных, свойственных месту его обитания, знал их повадки и внешность, не вникая в закономерности их жизни, в их видовой состав и т. д. Для ученого же важно не только описание фактов, но и выяснение связей между ними, выявление закономерностей, определяющих, например, в биологии основные явления жизни, развития и смерти. Описание — это лишь путь к ним. А расширение описания — предпосылка к пониманию фактов и к установлению связей между ними. Врач с помощью фонендоскопа слышит шумы сердца, но через фонендоскоп их может расслышать и художник, а тем более музыкант. Однако врач определенные шумы расшифровывает как показатель порока сердца, чего ни художник, ни музыкант не могут сделать.

Таким образом, основная задача науки — получение максимальной информации о тех явлениях, которые изучают, а в биологии — получение информации о явлениях жизни. Но дело в том, что информацию мы получаем по большей части в зашифрованном виде и каждый раз должны подбирать новые ключи для решения задач, поставленных природой. И в отличие от школьной задачи нам далеко не всегда известны правила их решения. Чтобы найти неизвестное, приходится не только проделывать определенные действия, но зачастую и придумывать методы, которые обусловят наши действия.

Факты в необработанном виде — это еще очень неполная информация. Это легко понять, если задаться вопросом: лучше ли слышат слепые, чем зрячие? Существует мнение, что они слышат лучше. Однако имеются прямые указания на то, что это не так. Слышат они, как правило, не лучше, или, если разница и есть, то она чрезвычайно мала. Но зато они гораздо лучше понимают то, что слышат. Зрячий так же слышит легкие шаги, как и слепой, но второй различает незначительные оттенки в шагах двух людей, что не в состоянии сделать обычно первый. Конечно, у слепых такое умение перерабатывать первичную информацию вынужденное: этим они возмещают отсутствие зрительной информации.

Этот пример не случаен. Если мы сравним фактические знания Дарвина и знания Г. де Фриза в тот период, когда последний создавал свою мутационную теорию, то несомненно, что общий уровень знаний у де Фриза, если не по объему, то по качеству, был больше. И все же последователи де Фриза сделали из открытия мутационного процесса те логически неверные выводы о возможности прямого образования видов без отбора, которых избежал Дарвин благодаря логической силе своего ума, хотя и при меньшем объеме знаний о явлениях изменчивости.

Биология, может быть, богаче фактами, чем большинство других дисциплин. Одно описание сотен тысяч видов животных и растений уже создает богатейшую сокровищницу фактов. Но информация, получаемая в биологии, используется еще очень неполно. Например, обширное и подробное описание видов до применения сравнительного метода (сравнительная анатомия) давало нам знаний гораздо меньше, хотя когда мы вводим этот метод, самих фактов, конечно, не прибавляется. Несовершенны еще и методы эксперимента, которые, как правило, дают нам информацию, за редкими исключениями, в зашифрованном виде.

Значит, задача теоретической биологии — это наиболее полное использование информации, которую получают самыми разнообразными методами во всех отраслях биологии. По существу, она аналогична задачам теоретической физики, где иногда немногие новые обнаруженные явления заставляют перестраивать целое здание гипотез, построенных до них. Например, таковы были факты, обнаруженные в опытах Майкельсона, послужившие одним из последних толчков к перестройке ньютоновской физики и к созданию теории относительности. Именно новые физические представления привели не только к революции в самой физике, но в значительной степени обусловили революцию в современной

технике, создали ряд предпосылок для использования атомной энергии и других основанных на физике разделов в производственных процессах.

Надо сказать, что тип мышления, вырабатывающийся веками, очень часто затрудняет развитие новых теоретических путей и переход к широким обобщениям от простого описательного метода. Известно, с каким трудом пробивала себе дорогу одна из сравнительно молодых и наиболее строгих и теоретических по своей сущности областей биологии — генетика. Открытие Грегора Менделя не было замечено, несомненно, не только потому, что его статью читал узкий круг ученых, но и потому, что лишь очень немногие биологи того времени могли бы правильно оценить ее. При правильной оценке этого открытия биологи должны были бы обратить внимание всего мира на новый большой шаг, сделанный в раскрытии сущности жизненных явлений. И если среди десятков, несомненно читавших статью Менделя биологов не нашлось ни одного такого, то это указывает, какой редкой была способность к пониманию даже уже сделанных открытий. Более того, в начале нашего века, когда достижения генетики стали широко известны благодаря повторному открытию законов Менделя де Фризом, Корренсом и Чермаком, эта как будто уже бесспорно экспериментально доказанная и логически ясная картина наследственных законов все же вызвала бурное сопротивление со стороны многих известных биологов.

В 1930 г. в Оксфорде вышла книга «Генетическая теория естественного отбора» выдающегося английского математика Р. Фишера, занявшегося биологией. В ней Фишер сделал замечание, еще более ярко показывающее и огромные возможности теоретического мышления, и одновременно неполноту его использования биологами. Он указал, что, по существу, для формулирования законов, открытых Менделем, не было необходимости даже в экспериментах, проведенных этим крупнейшим исследователем. Наши обыденные знания, которые получает каждый взрослый человек из житейских наблюдений, при правильном их осознании были бы достаточны, чтобы сформулировать генетические законы.

Действительно, мы все знаем, что ребенок в среднем получает приблизительно столько же наследственных признаков от отца, как и от матери. И это первая предпосылка. Во-вторых, мы часто видим, что ребенок получает свои признаки не непосредственно от отца, а, скажем, от деда. Из этого нетрудно сделать вывод, что данный признак в скрытом виде находился и у отца, но был как бы прикрыт другим, аналогичным ему признаком и вынырнул затем лишь

в третьем поколении (считая за первое поколение деда). Вот этих двух предпосылок было бы уже достаточно, чтобы прийти к выводу, что обычно у человека (да и у других организмов, вероятно) каждый признак представлен по крайней мере двумя задатками — от матери и от отца, причем один из них может подавлять собой другой. Короче говоря, это означает диплоидность генов и возможность доминирования одного признака над другим. А отсюда естественно вытекают и те численные отношения, которые получил Мендель для одной пары признаков.

Третьей предпосылкой является то наблюдение, что ребенок получает признаки разных органов (цвет глаз, форма носа или цвет волос и т. д.) независимо друг от друга. Так, цвет глаз сын иногда получает от отца, а выющиеся волосы — от матери. Другой ребенок в этой семье может получить цвет глаз от матери, а гладкие волосы от отца или оба признака от одного родителя. Это уже дает основание для представления о независимом наследовании непарных признаков, к которому пришел Мендель. Короче говоря, все основные законы Менделя точно мыслящий человек, имея лишь обычный житейский опыт, мог бы достаточно уверенно вывести даже и без эксперимента. Реально, однако, вся научная атмосфера того времени препятствовала этому, и даже спустя 35 лет научный подвиг Менделя был понят не всеми.

Конечно, уже для более детальных генетических законов, как, например, для установления сцепления генов, находящихся в одной хромосоме, или для выявления принципов генетического определения пола одних житейских наблюдений подобного рода было бы недостаточно. Но и уже сказанное показывает, как велики возможности применения четкой логики даже в выяснении принципиально новых закономерностей жизни при самых минимальных фактических предпосылках. И этот пример не единичен.

Как говорилось, задача науки — это получение наибольшей информации из наименьшего количества фактов. Но это не просто информация, а создание определенных концепций, определенных систем взглядов, выделение точных закономерностей, позволяющих с единой точки зрения понять самые разные явления, и не только понять, но и овладеть ими.

По небу движутся звезды и планеты; несколько иначе проходит путь комета. Воздушный шар поднимается в воздух; река плавно течет к морю; в море медленно выпадают осадки, образуя за долгие эпохи мощные слои осадочных пород; камень срывается с обрыва и все быстрее падает в пропасть, а пушинка мягко планирует и медленно спускается на землю.

В процессе эволюции у мыши развиваются очень тонкие лапки, а у слона огромные, даже по сравнению с его большим телом, тупообразные конечности. Животные на поверхности суши никогда не достигают таких больших размеров, как обитатели моря — гигантские киты, кальмары.

Что общего между этими самыми различными фактами? Общее то, что все они в той или иной мере основаны на всемирном тяготении, через все эти факты, переплетаясь с другими закономерностями, проходит единая всеобщая закономерность всемирного тяготения.

Для теоретической науки характерно выявление таких наиболее общих законов. Это кажется ясным и простым, и все же в современной науке, где работают многочисленные талантливые исследователи, занимающиеся конкретными экспериментальными исследованиями (или решением сравнительно частных теоретических задач), такие широкие обобщения нелегко пробивают себе дорогу. Впрочем, так было, по-видимому, всегда, по крайней мере в близкие нам периоды времени. Всякие широкие обобщения именно благодаря своей широте у одних вызывали внутреннее сопротивление, другим казались слишком претенциозными, а третьи находили их чересчур абстрактными, так как чем шире обобщение, тем менее ощущаются в нем отдельные конкретные факты. А у человека, привыкшего мыслить четко и ощущать вещественную основу того, что он изучает, такая абстракция нередко создает представление о бесплодном и беспредметном занятии.

Ярким примером в этом отношении являются некоторые страницы из истории открытий Д. И. Менделеева. Академик П. Вальден пишет, что Д. И. Менделеев «не останавливается на деталях, а ищет широких горизонтов в науке. Всматриваясь в его химические научные работы, мы не найдем ни открытия какой-нибудь замечательной реакции, ни открытия и описания новых соединений — спокойная и продолжительная экспериментальная работа не соответствует складу его ума, но зато он мастер обобщения и систематизации, он вносит гармонию и закономерность в хаотическое множество отдельных фактов. Его друзья-химики неоднократно выражали сожаление, что он отходит от экспериментальных исследований, и давали советы бросить “теоретические спекуляции” и заняться делом». Они, несмотря на свой иногда высокий научный уровень, несмотря на близкое знакомство с Менделеевым, не предвидели и не представляли, что его работы будут неизмеримо значительнее тех частных, хотя тоже необходимых исследований, которые проводили они.

Такое отношение характерно в какой-то мере ко всем большим гипотезам, в частности в биологии, ибо создается ощущение того, что человек не занимается делом. И тем не менее теоретическое направление в биологии уверенно пробивает себе дорогу.

Несколько десятилетий назад математические работы в биологии трудно было опубликовать. Теперь они стали почти модными. Однако надо заметить, что до сих пор больше доверия встречают теоретические работы, которые касаются частных вопросов или снабжены достаточно устрашающим математическим аппаратом. В то же время основы широких теоретических исследований почти всегда относительно просты. Как правило, это качественно новая точка зрения, которая позволяет своеобразно обобщить факты и лишь на следующем этапе дает возможность широкого применения ее в конкретных областях или обширного развития с помощью математического аппарата. Каждая из этих сторон является в равной степени необходимой и важной. Если мы подчеркиваем значение принципиальных качественных подходов, то только потому, что они наиболее часто встречают сопротивление даже среди специалистов и людей с большим научным опытом.

В истории биологической науки часто видим, что задолго до развития какой-либо значительной теории уже имеются предпосылки для ее создания, но слабое развитие логических методов мешает ее открытию (как это указал Р. Фишер в отношении законов Г. Менделя) или же уже намечавшаяся теория проходит незамеченной.

Так, например, академик Л. А. Орбели указывал, что, изучая обманы чувств в области зрения, физиолог Геринг обобщил некоторые формы взаимодействия в нервной системе в виде принципа отрицательной индукции, позже сформулированного Павловым в более общей форме в его учении о высшей нервной деятельности.

Еще более интересен пример изучения адаптационного синдрома канадским ученым Гансом Селье, создавшим учение о «стрессе». Он пишет, что, по существу, развитые им представления вполне можно было сформулировать еще в XIX веке, т. е. почти целым столетием ранее. А в наше время для науки это колоссальный период. Селье указывает, что для установления закономерностей, открытых им, достаточно было бы общеизвестных наблюдений об одинаковом исходном начале различных заболеваний и очень элементарных опытов, для проведения которых потребовались бы немногим более сложные инструменты, чем скальпель и ножницы.

Логические предпосылки для создания таких представлений также уже имелись. Однако, по-видимому, вся атмосфера того времени еще не способствовала развитию таких обобщающих взглядов или, может быть, среди немногочисленных тогда врачей и физиологов отсутствовала личность, подобная Гансу Селье, склонная к теоретическому объединению столь разнородных явлений. Несомненно, что многие теории созревают и «носятся в воздухе», но все же, в какой-то мере, момент их возникновения зависит и от наличия отдельных исследователей, способных ранее других сформулировать данные взгляды.

Пример с Гансом Селье, если он в данном случае прав, является, может быть, крайним, поскольку здесь, по его мнению, гипотеза могла возникнуть почти на столетие раньше. Но тем не менее отклонение сроков возникновения гипотезы и особенно в биологии, где теоретическое мышление, как мы уже указывали, развито было слабее, чем в более точных науках, вполне возможно под влиянием случайных причин, в том числе и личных особенностей исследователей.

К этому надо прибавить еще и следующее: по мнению некоторых математиков, само развитие математики в значительной степени определялось теми науками, в которых по преимуществу применялись математические методы. Благодаря этому и характер самих методов приобрел черты, соответствующие таким наукам. В частности, математические методы развивались более всего под влиянием сначала механики, а затем других отделов физики. Поэтому их применение в биологии было несколько затрудненным, хотя, несомненно, математика как абстрактная наука, в принципе, равно применима в самых различных дисциплинах. Но, возможно, расширение применения математических методов в биологии приведет к известному изменению лица самой математики, к развитию методов, наиболее применимых в биологии.

Однако абстрактно-логические методы отнюдь не ограничиваются одной математикой, о чем мы подробнее скажем ниже. И в биологии возможны не вполне математические, в современном представлении, но все же абстрактно-теоретические методы. Более качественные, как их иногда называют, они, вероятно, приобретут в науках о жизни особое значение. К этому есть серьезные предпосылки. Дело в том, что биологические объекты, в отличие от объектов «точных» наук, чрезвычайно разнообразны по своим количественным показателям. В биологии на первый план часто выступает то, что мы сейчас условно назовем *структурой*. Так, огромное

количество организмов, относящихся к определенным типам или классам и весьма несхожих по количественным показателям (настолько несхожих, что одни виды животных могут выглядеть как своего рода миниатюрные модели других или как преобразования, напоминающие несходные геометрические формы, которые в топологическом отношении¹⁾, однако, являются идентичными). Действительно, сравнение черепахи и змеи при всем их геометрическом различии, позволяет установить их принадлежность к классу рептилий, поскольку основные структурные признаки являются все же общими.

Еще резче внешнее различие между китом и мышью, как по размерам²⁾, так и по чисто внешним формам. И тем не менее оба этих животных относятся к одному классу млекопитающих и в основном построены по одной и той же схеме.

Таким образом, в биологии количественные показатели, начиная от размеров и кончая скоростью обмена, как бы остаются на втором плане, ибо на первый план выходят очень сложные схемы строения, структуры системы и т. д. Это выдвигает перед теоретической биологией новую задачу изучения и классификации систем по их структуре и функции, задачу, которая не вполне совпадает с основными методами классической математики.

Но прежде чем говорить подробнее о методах теоретической биологии, остановимся немного на ее целях. Ряд вопросов, которые возникают в любой науке, нельзя решить обычными методами наблюдения или эксперимента, хотя они, конечно, необходимы как исходный материал. Самыми простыми примерами здесь являются процессы эволюции, которые мы не можем непосредственно наблюдать и о которых вынуждены судить, по существу, лишь по косвенным данным систематики, палеонтологии, экологии или по наблюдениям за те краткие отрезки времени, ограниченные человеческой жизнью, на которых мы можем уловить не основные эволюционные процессы, а лишь то, что мы называем микроэволюцией — малой эволюцией.

Есть и другие проблемы, также трудно поддающиеся непосредственному изучению. К ним относится, например, биология человека. Здесь мы, в сущности, могли бы

¹⁾ Топологически идентичными являются фигуры и тела, которые могут быть превращены друг в друга растяжениями и сжатиями, но не нарушением границ. Например, шар можно превратить в длинный или уплощенный эллипсоид вращения, но не в баранку («тор»), так как в последнем случае нужно нарушить его границы, чтобы образовать отверстие.

²⁾ Вес кита по некоторым данным может достигать 140 т, а небольшой мыши — 14 г, т. е. кит по весу равен 10 млн мышей.

даже поставить эксперимент, однако моральные принципы не позволяют производить экспериментальные исследования, опасные для человека или нарушающие его естественные права. И здесь также нам приходится создавать теоретические построения или по аналогии с другими организмами, или, в более серьезных случаях, опирающиеся на целый ряд фактов из различных областей знания.

Наконец, в некоторых случаях теоретическое мышление и само ставит перед нами такие задачи, которые приходится разрешать как собственными методами, так и методами эксперимента, наблюдений.

В настоящее время теоретическая биология, пожалуй, находится на том же уровне, на котором находилась молекулярная генетика около четверти века назад, в год (1944) выхода в Англии книги Шредингера «Что такое жизнь с точки зрения физики?». В ней автор в популярной форме обобщил и подвел итоги некоторых работ в этой области. Уже были выявлены новые задачи, уже намечались многие методы, но еще трудно было говорить о вполне сложившейся области знания, трудно в том отношении, что не было полного единства и четкой разграниченности отдельных областей, не были достаточно ясны взаимоотношения и удельный вес различных уже разработанных методов исследования. И все же наука уже существовала.

В этой брошюре нам, конечно, не удастся затронуть все вопросы теоретической биологии. Мы только постараемся показать некоторые направления и методы, характерные для нее, и сделать предварительные выводы о возможных перспективах развития самой науки и, может быть, ее практических приложений.

Общие черты некоторых биологических теорий

К теоретической биологии можно подойти с разных сторон. Было бы интересно проследить ее развитие достаточно полно исторически, но это задача особая, хотя совсем избежать этого вопроса, конечно, нельзя.

Вторая, основная сторона теоретической биологии — ее содержание. Что дает теоретическая биология биологической теории? Какие выводы и обобщения вносит этот путь исследования в науку о жизни?

Третий вопрос, который здесь возникает: что может дать теоретическая биология для решения насущных задач, связанных с практическими разделами науки о жизни, медициной, сельским хозяйством и т. д.?

И, наконец, последний по перечню, но не по значению — это вопрос о том, что нового может внести теоретическая биология в методы исследования, какие из них она может рекомендовать как в эксперименте, так и в своей собственной области. Сюда же примыкает очень важный вопрос о тех методах и принципах, наиболее адекватных, наиболее соответствующих теоретической биологии, которые она может внести в общую сокровищницу не только специально биологических, но и общенаучных методов вообще.

Развитие целых разделов математики связано с физикой, хотя эти математические методы вышли далеко за пределы физики и применяются в биологии, химии и в ряде других наук.

Статистические методы, возникшие из наук физического цикла, а частью из биологии, применяются теперь в ряде гуманитарных наук и в психологии, где оказываются чрезвычайно важными для решения крупных проблем. И здесь естественно поставить вопрос: что именно своего, кроме участия в развитии статистических методов, могут внести биологические науки в общие принципы научного исследования?

Мы уже отмечали, что исторические корни теоретических методов в биологии начинались с натурфилософских построений, которые, по существу, были очень несовершенными попытками теоретического разрешения больших проблем биологии. Но наиболее крупным и уже чрезвычайно точным достижением теоретической биологии является несомненно дарвинская теория естественного отбора. Обычно принято, популяризируя Дарвина, указывать на его огромные заслуги в деле доказательства существования эволюции. Мы же обратим внимание на другую сторону его работы, которую он очень точно сформулировал в своей анкете. Мы приводим всю анкету Дарвина, чтобы было яснее значение этого ответа.

Анкета Дарвина Чарльза

28 мая 1873 г. мой отец, — пишет сын Ч. Дарвина Френсис Дарвин, — отправил нижеприведенные ответы на вопросы, с которыми Ф. Гальтон обратился в это время в процессе своего исследования к различным ученым. Результаты этого исследования были опубликованы в его работе «Английские ученые, их характер и воспитание» (1874). В связи с этим вопросом мой отец писал: «Я заполнил ответы настолько хорошо, насколько я это только мог, но для меня является совершенно невозможным определить отдельные степени».

Как вас обучали?	Я думаю, что всего, сколько-нибудь ценного, чему я научился, я достиг самообразованием.
Было ли ваше обучение направлено на выработку привычки к наблюдению или нет?	подавляло наблюдательность, так как было почти классическим.
Обращалось ли внимание на укрепление вашего здоровья или нет?	Да.
Особые достоинства?	Никаких.
Главнейшие недостатки?	Необучение математике и новым языкам и отсутствие руководства в деле выработки наблюдательности или умения логически мыслить.
Являются ли направления ваших научных склонностей врожденными?	Несомненно врожденными.
Не повлияли ли на них какие-либо события и какие именно?	Моя врожденная склонность к естествознанию окрепла и развилась благодаря путешествию на «Бигле».
Укажите, что вас живо интересовало?	Наука, а в молодости любовь к охоте, доходившая до страсти.
Религия?	Номинально англиканец.
Политика?	Либерал или радикал.
Здоровье?	В молодости хорошее, в течение последних 33 лет — плохое (то есть с 31 года. — <i>А. М.</i>).
Рост.	6 футов (то есть 183 см. — <i>А. М.</i>).
Размер внутри шляпы.	22 1/4 дюйма (около 56,3 см. — <i>А. М.</i>).

Цвет волос.	Темноволосый.
Цвет лица.	В общем бледный.
Темперамент.	Немного нервный.
Физическая энергия и т. д.	Из большого числа совершенно обессиленных офицеров и матросов лишь я и еще один человек были в состоянии принести воду. Некоторые из моих экспедиций в Южной Америке были богаты приключениями. Встаю рано.
Духовная энергия и т. д.	Доказана точной и продолжительной работой над одним и тем же предметом; так, например, я работал 20 лет над «Происхождением видов» и 9 лет над «Усоногими раками».
Память?	На числа и выучивание наизусть очень плохая, но хорошо сохраняющая общее или неопределенное впечатление о массе фактов.
Усердие в учении?	Очень прилежен, но не обладаю большими способностями.
Независимость суждения?	Я думаю, довольно независимое, но не могу привести примеров. Я отказался от обычной религиозной веры почти независимо от моих собственных рассуждений.
Оригинальность или эксцентричность?	Вы думаете это ко мне подходит? Я этого не думаю, т. е. что касается эксцентричности. Я думаю, что я показал в науке оригинальность, так как я сделал открытия в отношении обыкновенных предметов.

Особые таланты?

Не имею, за исключением к деловым занятиям, как, например, счетоводство, корреспонденция и умение очень выгодно помещать свои деньги. Во всех своих привычках очень методичен.

Сильно выраженные духовные особенности, сказавшиеся в научном успехе и не упомянутые раньше?

Настойчивость и большая любознательность в отношении фактов и их значения. Некоторая склонность к новому и чудесному.

Примечание: Я нахожу совершенно невозможным определить свой характер по степеням.

Как видим, на большинство вопросов Дарвин отвечал со всей присущей ему скромностью и, в частности, что для нас будет не безразлично, он подчеркивал значение математики и свои слабые знания в этой области. И, может быть, только в одном вопросе он проявил высокую самооценку, отнюдь не нескромную, поскольку она является абсолютно справедливой, — когда он отмечает, что считает свое мышление оригинальным, так как ему удавалось открывать новое в вещах обыденных и давно известных. Это, по существу, является кратким изложением основной идеи теоретической биологии — найти новое в том, что считалось обыкновенным, или, иначе говоря, сделать неявную информацию, скрытую в известных нам фактах, вполне явной и доступной для использования. Действительно, основное, что сделал Дарвин с этой точки зрения, было не просто сбор фактов, подтверждавших существование эволюции, а извлечение из этих фактов совершенно новых принципов, которые дали объяснение причин эволюции. До него многие авторы подчеркивали целесообразность строения организма, но делали из этого неверный вывод, что целесообразность — непонятное свойство строения организма и уже следствием ее является способность организмов выживать в самых различных условиях.

Дарвин очень любил, по свидетельству биографов, одну книжку, где всемерно подчеркивалась целесообразность строения организмов, хотя и с совершенно иных позиций, чем те, которые в будущем занял он. Дарвин сделал как раз обратное: вместо утверждения, что организмы почему-то

целесообразны и поэтому выживают в сложных природных условиях, он сделал вывод, что существующие организмы потому и устроены целесообразно, ибо все остальные (т. е. неприспособленные) погибают. Задача была та же, но решил он ее по-новому. В известном смысле научный подвиг Дарвина был аналогичен подвигу Коперника: понятие целесообразности до Дарвина автоматически связывалось с наличием если не творца, ставившего эту цель, то каких-то особых сил, способных привести к такому целесообразному строению. Дарвин же изменил постановку вопроса: он рассматривал организмы не с точки зрения человека, поставившего цель — найти разумное в их строении и приспособленности к различным условиям существования, а с точки зрения самого организма животного или растения. И, сопоставив факты, сделал заключение, что целесообразным мы назовем то строение, которое стихийно обеспечивает выживание организма. Таким образом, поменяв в постановке вопроса предпосылки и выводы, Дарвин сумел найти понятное и разумное объяснение целесообразности строения организмов и их эволюции. При этом ему удалось сложнейшую проблему эволюции свести к немногим исходным положениям. В конце работы «Происхождение видов» он пишет вкратце об этих основных положениях: изменчивость, создающая новые признаки; наследственность, их закрепляющая; геометрическая прогрессия размножения, которая создает перенаселение животных и растений, и вытекающий из нее естественный отбор с выживанием наиболее приспособленных — вот основные предпосылки создания целесообразных форм и их дальнейшей эволюции.

При всем обилии фактов, собранных Дарвином, основные выводы, сделанные им, были краткими, четкими и чрезвычайно абстрактными. Если для подготовки этих выводов Дарвин использовал многообразные сведения, известные в его время, о конкретных организмах и особенностях их жизни, то в сформулированной им теории были несущественны все конкретные особенности признаков, кроме одного: способствуют ли они выживанию организма или нет. Для него были неважны конкретные механизмы наследственного закрепления признаков и даже размеры геометрической прогрессии, лишь бы они приводили к увеличению потомства по сравнению с количеством предков. Все остальное выносилось за скобки. И каковы бы ни были все эти разнообразные признаки, какова бы ни была быстрота увеличения численности потомства, если сформулированные им предпосылки верны, неизбежна была эволюция, в которой обеспечивалось возникновение приспособительного строения организма.

Дарвин не только дал абстрактное решение основных вопросов эволюции, но и сделал ряд предсказаний, в частности, например, о нахождении промежуточных звеньев между современными видами, которые в дальнейшем полностью оправдались в исследованиях палеонтологов. Таким образом, его теоретические представления получили как бы экспериментальную проверку в дальнейшем развитии науки. С другой стороны, целый ряд положений, вытекавших из теории Дарвина, играл большую роль в развитии не только теоретических, но и прикладных наук.

На примере создания теории Дарвина мы видим, что проблемы теоретической биологии решались им путем широчайшего обобщения и абстрагирования от ряда конкретных условий: характера признаков, причин их развития, биологии вида и т. д. Основное ядро свелось к выделению нескольких главнейших явлений: наследственности, изменчивости, прогрессии размножения и к их сопоставлению с логическим выводом о неизбежности естественного отбора и вытекающей отсюда эволюции.

В известном смысле этот путь повторяется во всех теоретических исследованиях. Если мы посмотрим на другую широкую теорию, возникшую много позже, и в основном на почве собственных экспериментов, а именно на учение И. П. Павлова о высшей нервной деятельности, то мы, по существу, увидим далеко идущую аналогию. Так же, как и Ч. Дарвин, И. П. Павлов постарался выявить основные явления высшей нервной деятельности, абстрагируясь от ряда конкретных их особенностей. Он использовал понятие рефлекса, сформулированное еще Р. Декартом, и четко разграничил рефлексы условные от рефлексов безусловных. При этом он не анализировал конкретные механизмы возникновения рефлексов условных и безусловных, но четко сформулировал различие в их возникновении; врожденность безусловных и возникновение условных на их основе, если безусловный рефлекс определенным образом сочетался с безразличным раздражителем.

И. П. Павлов при создании основного ядра своей теории формулировал эти принципы в равной степени как для пищевых рефлексов с отделением слюны, так и для любых других. Конкретные формы рефлексов не меняли общего принципа, выделенного Павловым на основании многочисленных исследований как собственных, так и его школы. Это, конечно, не мешало ему проводить различие между формами рефлексов у разных видов животных, отметив у одних видов большую способность к торможению условных рефлексов,

у других — меньшую; большую значимость рефлексов одного рода по сравнению с другими рефлексами при конфликтной ситуации у одного животного и т. д.

Интересно, что даже в способе рассуждения оба столь разные исследователи, как Ч. Дарвин и И. П. Павлов, шли в известной степени параллельно не только в абстракции, но и в иллюстрациях, или, как теперь сказали бы, в логическом моделировании путем указания на определенные аналогии. Так, Дарвин для иллюстрации неуклонности и совершенства слепого действия естественного отбора указывал на то, что при отмучивании тонких взвесей с помощью водяной струи стихийно отбираются однородные частицы с таким совершенством, какого не мог бы достигнуть тщательно работающий человек. Точно так же и Павлов для пояснения принципов работы центральной нервной системы проводил аналогию с телефоном: с постоянной связью — для безусловных рефлексов и с переключением на центральной станции — для условных рефлексов. Эти два грандиозных теоретических построения в области эволюции и в области изучения высшей нервной деятельности своим сходством основных путей (при глубоком различии объекта и целей исследования) показывают, что в биологии, так же, как и в других областях науки, для решения больших задач чрезвычайно существенную роль играет правильное и далеко идущее абстрагирование от конкретных условий и может оказаться полезным нахождение адекватных моделей из областей небологических. Но в обоих этих случаях, несмотря на то, что оба гениальных исследователя высоко ценили математические методы, последние не играли здесь существенной роли. Между тем развитие теории биологии получило огромный стимул именно в области приложения математических методов к изучению жизненных процессов.

Мы здесь не говорим о применении точных количественных методов в эксперименте, которые так же ценны в биологии, как и в любых других областях науки. Количественный метод не обязательно подразумевает теоретическое обобщение. Это просто более строгий метод учета, который может характеризовать экспериментальные исследования или наблюдения в природе. Если мы говорим о математических методах, то подразумеваем применение математических принципов и создание математических моделей, которые позволяют уяснить не отдельные факты, как в эксперименте, а общие механизмы в той или иной области науки и жизни.

Примером этого могут служить две теории, развитые уже в XX веке. Одна из них была построена известным итальянским математиком Вито Вольтерра. Во время первой мировой

войны рыболовство в Средиземном море резко сократилось под влиянием военных действий и мобилизации значительной части трудоспособного населения, в том числе и рыбаков. В результате уменьшения вылова резко возросло количество рыбы в море, при этом изменились соотношения между хищными рыбами и их «жертвами». Значительно возросло количество хищников. На это явление внимание Вито Вольтерра обратил биолог Умберто д'Анкаона. Заинтересовавшись, В. Вольтерра рассмотрел с математической точки зрения взаимоотношения между видами хищников и их «жертв». Он рассуждал примерно так: чем больше «жертв», тем больше возможностей у хищных особей с ними встретиться. Поэтому, чем больше «жертв», тем лучше питаются хищники и тем больше сохраняется и соответственно размножается хищных особей. Для «жертв» дело обстоит как раз наоборот: чем больше хищников, тем болсе вероятны встречи с ними и тем больше шансов погибнуть от них. Поэтому, если «жертв» достаточно много, то хищники, размножившись, растут в числе и усиленно их уничтожают. Уменьшение числа «жертв» приводит к ухудшению снабжения хищников пищей, что затрудняет их размножение, а иногда приводит к прямому вымиранию от голода. Процесс этот идет с известным отставанием, так как голодающие хищники вымирают, естественно, не сразу после некоторого уменьшения пищи. В свою очередь, когда хищников станет мало, активизируется размножение «жертв» (которое тоже происходит с запозданием). Запоздание вызвано тем, что нужно известное время на скрещивание взрослых особей и на развитие их потомства. Таким образом сохраняется известное равновесие. Если слишком много «жертв», увеличивается число хищников, а количество «жертв» ограничивается, если «жертв» слишком мало — хищники вымирают и дают возможность «жертвам» восстановить свою численность. Но так как процессы эти идут с запозданием, то равновесие оказывается нестойким; волна роста «жертв» успевает увеличиться, пока размножатся хищники. Снижение числа жертв продолжается и тогда, когда уже начинается голодание хищников. Происходят как бы приливы и отливы численности то хищников, то «жертв». Все это Вито Вольтерра выразил в определенных математических формах. Позже более широко эту идею развил А. Н. Колмогоров.

Таким образом, также отвлекаясь от конкретных условий, лишь выделяя основные явления во взаимоотношениях хищника и его «жертвы», математики показали причины, механизмы и ход этих процессов в природе в зависимости от взаимоотношений видов. Теперь понятно, почему именно

хищные рыбы должны были возрасти в большей степени в Средиземном море во время первой мировой войны. Отсутствие отлова приводило к тому, что увеличивалась численность и хищников, и «жертв», но хищные рыбы выигрывали еще вторично, поскольку для них возрастали возможности питания за счет увеличения количества «жертв». Изложенные соображения могут играть существенную роль в планировании охотничьего хозяйства и рыболовства. Так это и попытался сделать не знавший о работе Вито Вольтерра советский охотовед С. Д. Перелешин, который хотя и менее точно математически, но сформулировал те же принципы и сделал из них важные для практики выводы.

Огромную роль математика сыграла в развитии эволюционной генетики, основы которой еще в 1926 г. были заложены советским ученым С. С. Четвериковым. Четвериков начал с того, что перевел основные понятия теории Дарвина на язык современной генетики. Дарвин различал неопределенную и определенную изменчивость. К определенной изменчивости он относил те случаи в жизни животных и растений, когда определенные внешние воздействия вызывали строго соответствующие изменения в организме. Так, например, у некоторых растений переселение в горные области всегда вызывает одни и те же изменения: появляются более низкие и, таким образом, более защищенные от ветра и холода формы растения. Умеренное увеличение физической нагрузки при достаточном питании вызывает у всех высших животных, в том числе и у человека, усиленное развитие мышц. Количество примеров может быть неограниченно большим. Определенная изменчивость сама по себе целесообразна, но она не является основой для естественного отбора. В известной мере это предполагал и Дарвин, так как и она сама была целесообразностью и ее возникновение также требовало объяснения, как и всякая другая целесообразность. Возникновение в потомстве каких-либо организмов единичных особей, без явных внешних причин отклонившихся от родительского типа, Дарвин называл неопределенной изменчивостью. Так, он приводил пример, когда у растения, попавшего из сухого места в болото, среди потомков будут особи, более и менее приспособленные и к засушливым, и к влажным условиям, а также с различными другими отклонениями. Но выживут по преимуществу наиболее приспособленные к этим новым условиям.

С. С. Четвериков в своей статье с полным основанием указал на то, что неопределенная изменчивость, по Дарвину, вполне соответствует тому, что генетики теперь называют

мутационной изменчивостью. Действительно, мутационные изменения генов происходят в самых различных направлениях и, как правило, не в виде приспособления к условиям среды. Это вполне соответствует дарвиновской неопределенной изменчивости, где полезные изменения появляются лишь случайно, наряду с многими неполезными и даже вредными. Но, сделав такой вывод, С. С. Четвериков должен был учесть и особенности наследственного аппарата. Со времени открытия Грегором Менделем основных законов наследственности стало известно, что каждый признак у высших организмов обусловлен по крайней мере двумя парными наследственными факторами (генами), из которых один переходит к организму от матери, а другой — от отца. Поэтому если изменился один ген, то есть произошла его мутация, то организм, несущий его, может оказаться внешне и неизменным, если в нем доминирует «нормальный» (не мутировавший) ген. Мутация оказывается как бы скрытой под покровом нормальной оболочки до тех пор, пока где-то в потомстве такой измененный ген не встретится с другим, подобным же измененным геном. Так, почти у всех животных имеются мутации альбинизма, т. е. исчезновение пигмента кожи и волос. Но если наряду с таким геном имеется его нормальная пара, обеспечивающая развитие пигмента, то окраска животного и человека будет нормальной. Если же носитель гена альбинизма вступит в брак с носительницей такого же гена, то часть потомков ($1/4$) получит ген альбинизма сразу и от отца и от матери. У таких потомков нет нормального гена, прикрывающего альбинизм, и последний проявится в полной мере: особи будут лишены красящего вещества кожи, волос и глаз.

Ясно, что пока в большой популяции имеется всего один ген альбинизма, он не может проявиться, ибо для этого должен встретиться с себе подобным. Его всегда будет подавлять, «прикрывать» фактор (ген) нормальной окраски, который преобладает (доминирует) над рецессивным геном альбинизма.

Но через какое-то время возможно появление путем мутации второго такого же гена. Однако шансы на их встречу среди тысяч, а может быть, миллионов нормальных генов — ничтожны. Но природа продолжает свою работу, и, хотя и редко, но появляются все новые гены альбинизма. Пока их мало, естественный отбор, говорил С. С. Четвериков, не может их ни поддерживать, ни уничтожать, так как они не проявляются. Но вот вид в ряде поколений все более заполняется этими мутациями. Они начинают встречаться так часто, что иногда имеются одновременно (в одиночном,

скрытом виде) и у отца и у матери, участвующих в одном скрещивании. Тогда в $1/4$ случаев среди их потомства появляются особи, у которых оба гена в этой паре одинаково способствуют альбинизму. Эти особи будут белыми. Такое изменение окраски уже явление, доступное действию отбора.

Животные альбиносы, как правило, неприспособлены и погибают быстрее. Поэтому ген, вызывающий альбинизм, не может широко распространиться. Если бы альбинизм был полезен, то животные с этим геном лучше выживали и оставляли бы больше потомства, чем нормальные, не белые особи. Естественный отбор, таким образом, помогал бы гену альбинизма распространиться и вытеснить животных без этого гена.

В отношении альбинизма мы таких случаев не знаем, но есть другие гены, оказавшиеся полезнее, чем те, которые были до их появления.

С. С. Четвериков приводит пример с бабочкой *Amphidasis betullaria*. Среди обычных бабочек этого вида в Англии в прошлом веке появилась мутация черного цвета — противоположность альбинизму. Мутация оказалась в чем-то приспособленнее, чем обычно окрашенные бабочки, и начала быстро распространяться в Англии, а затем и на материке Европы. Некоторые ученые считают, что она оказалась более жизнеспособной в условиях развивающейся городской культуры. Но факт оставался фактом: мутация оказалась полезной, и естественный отбор привел к ее быстрому распространению. Таким образом, теория Дарвина получила полное подтверждение в данных современной генетики и сама способствовала созданию эволюционного раздела этой науки.

Исходя из точных количественных законов генетики, крупный английский математик Р. Фишер и ряд других ученых применили к теории Дарвина математические методы и смогли сделать ряд новых и важных выводов.

Оказалось, что естественный отбор рецессивных и доминантных генов идет не совсем одинаково. Полезные рецессивные гены трудно вначале подхватываются и распространяются отбором. Зато вредные так же трудно уничтожаются им. Для доминантных дело обстоит наоборот.

В небольших группах населения (небольших популяциях) животных и растений отбор идет слабо, поэтому может происходить их заполнение вредными признаками, а в результате даже и вырождение. Но зато это же распространение случайных³⁾ изменений создает лучшие условия для большего разнообразия видов.

³⁾ Случайных в том смысле, что не обязательно полезных.

Автор этой книжки показал, что успешнее всего эволюция будет идти, если небольшие популяции временами отчасти соединяются друг с другом и снова разъединяются. В этих условиях сильнее выявляются новые полезные признаки и лучше идет естественный отбор, что было подтверждено А. Н. Колмогоровым, который даже показал наилучшую степень связи между отдельными популяциями. Такое чисто математическое рассмотрение эволюционных вопросов позволило понять и строго объяснить многие известные, но трудно объяснимые факты: вырождение при родственных браках, различие видов в сходных условиях, медленную эволюцию на изолированных территориях (например, на небольшом материке Австралии, по сравнению с большими материками) и многие другие явления.

С позиций дарвиновской теории с применением математических методов были изучены, в свою очередь, и явления, открытые генетикой, например процессы накопления новых генов в измененных («инвертированных») хромосомах и многие другие.

Математика исходя из теории Дарвина позволила сделать ряд совершенно новых выводов и предсказаний и строже объяснить известные ранее факты, хотя надо отметить, что сама логическая теория Дарвина опиралась на количественные предпосылки лишь в очень малой степени в пределах оценки «больше» или «меньше». Но в дальнейшем ее развитии внесение количественных принципов и методов математики принесло новые богатые плоды.

Одна из генетических проблем, связанная с эволюцией, возникла еще до развития самой генетики, при жизни Дарвина. Высказанные Дарвином представления об огромном разнообразии изменений, возникающих в потомстве каждой особи, и об отборе этих первичных по каждому отдельному признаку изменений впоследствии подтвердились⁴⁾. Но при жизни Дарвина они встретили возражения, на которые он не вполне сумел ответить. Это были возражения инженера Дженкина, который рассуждал следующим образом. Согласно Дарвину, единичное возникшее наследственное изменение благодаря тому, что оно дает преимущество в борьбе за жизнь, может постепенно, путем отбора распространиться на весь вид. Но представим себе, что среди миллионов белых цветов

⁴⁾ Конечно, это не значит, что каждый единичный новый признак будет сохранен отбором, если он полезен. Отдельное животное или растение даже с новым полезным признаком может погибнуть от неудачного стечения обстоятельств. Но значительная часть таких признаков сохраняется и распространяется.

одного вида возникло единичное наследственное изменение, например, красный цветок, имеющий какое-то преимущество. Допустим, что красная окраска лучше привлекает насекомых, оплодотворяющих эти цветы. Может ли эта красная окраска подвергнуться отбору и распространиться на весь вид? Ведь в первом же поколении красный цветок должен скреститься с теми белыми, которые его окружают, и потомки окажутся розовыми. Пусть их будет несколько больше, чем было бы потомков у чисто белых цветов, но все же их будет неизмеримо меньше, чем остается белых. Поэтому в следующем поколении они опять скрестятся, как правило, не между собой, а с основной массой белых растений. Потомки уже будут светло-розовыми, и поскольку белых цветов все же имеются миллионы, этот процесс будет повторяться ряд поколений, пока практически красная окраска не исчезнет и не перестанет подвергаться естественному отбору, растворившись, как капля чернил в большом водоеме.

Дарвин называл это возражение «кошмаром Дженкина» и, учитывая его, стал признавать некоторую роль в эволюции массовых приспособительных изменений, вызванных внешней средой, т. е. сделал известный шаг в сторону полупризнания ламаркизма.

К. А. Тимирязев справедливо пишет, что возражение Дженкина было полностью снято открытием Менделя, который сформулировал законы передачи признаков по наследству и бесспорно показал, что признаки не уничтожаются и не растворяются при скрещивании, а передаются как некоторое неделимое целое и «кошмар Дженкина», испортивший столько крови Дарвину, рассеивается без следа».

Однако при всем уважении к Дарвину следует сказать, что при достаточно логическом подходе к проблеме он ее мог решить и без открытия Менделя. В то время уже была сформулирована корпускулярная теория материи, подтвердившая, что вещество состоит из неделимых атомов, слагающихся в молекулы. Очевидно, что, от чего бы ни зависел любой наследственный признак, его причиной неизбежно является какое-то материальное образование, и так же очевидно, что это образование не может быть меньше определенного размера молекулы или в крайнем случае атома, который, передаваясь от поколения к поколению, уже далее не делится.

Следовательно, простое сопоставление биологических фактов с представлениями, достигнутыми к тому времени о строении материи, дало бы в руки Дарвину решающий аргумент в пользу того, что признаки не могут обладать бесконечной делимостью, а этого было бы вполне достаточно для возражения на аргументацию Дженкина.

Впрочем, подобная тенденция разъединять в своем уме знания из разных областей, видимо, вообще свойственна даже самым талантливым людям. Крайний пример этого представляет почти анекдотическое сообщение в сочинениях Геродота. Геродот в своих сочинениях описывал не только исторические факты, но и сообщал географические и биологические сведения, полученные им в путешествиях. Повидимому, во время путешествия по Азии он услышал рассказ о львах, который передал с полным доверием в своих записях. Он говорит, что львица за свою жизнь способна родить только одного львенка, так как при рождении львенка раздирает когтями ее чрево. Совершенно очевидно, что Геродот достаточно знал арифметику, чтобы, приложив эти элементарные знания к своему рассказу, понять всю его нелепость. Ведь если любая супружеская пара львов производит на свет только одного львенка, то в каждом следующем поколении львов должно быть по крайней мере вдвое меньше. Короче говоря, количество львов убывало бы в геометрической прогрессии, что практически очень быстро привело бы к вымиранию царя зверей. А об этом во времена Геродота, конечно, не могло быть и речи. Но Геродот не сопоставил фантастического рассказа, переданного им, с элементарными арифметическими соображениями, доступными, вероятно, каждому культурному греку его эпохи. Этим он продемонстрировал свойственную человеку необычайную «неспособность» к сопоставлению данных из разных далеких областей знания. Поэтому нет ничего удивительного, что даже гениальный Дарвин, рассматривая аргументы Дженкина против отбора редких изменений, не учел несомненно известных ему, но далеких от биологии сведений о строении материи.

Что касается самого открытия Г. Менделя, то в нем поражает необычайная продуманность поставленных им экспериментов. Это особенно бросается в глаза при сравнении их с исследованиями Ф. Гальтона. Гальтон так же, как и Мендель, был склонен к применению количественных математических методов в биологии, но именно поэтому, вероятно, его интересовали признаки, поддающиеся измерению, такие, как рост и другие. Объектом же его исследований были не растения, а человек, объект несомненно более интересный, но и более сложный для анализа. Именно поэтому попытки Гальтона вывести точные закономерности наследственности потерпели неудачу. Выбранные им признаки были сложными, а исследуемые организмы неизбежно обладали по этим признакам большой смешанностью. Поэтому ни о какой наследственной «чистоте» исследуемых организмов здесь говорить не приходится.

Напротив, Мендель подошел к вопросу методически необычайно правильно. Во-первых, он выбрал объект — растение, которое можно было наблюдать на протяжении многих поколений; во-вторых, он избрал наиболее простые альтернативные различия признаков, т. е. не имевшие переходных ступеней: окраска семян была или желтой или зеленой, форма семян была или гладкой или морщинистой и т. д.

Поэтому наследование этих признаков можно было проследить очень легко. Кроме того, для скрещивания он брал чистые формы, уже прослеженные на протяжении многих поколений. Следовательно, материал был безупречен. Количественный же метод он применял не к размерам признаков, которые им заранее были выбраны устойчивыми и четко различающимися, а к числам потомков различного типа, которые он обнаруживал в первом, втором и третьем поколениях после исходного скрещивания чистосортных форм.

Все это позволило Менделю обнаружить основные количественные закономерности передачи признаков. И дальше — уже логически — сделать выводы о том, что каждый признак представлен в организме по крайней мере двумя параллельными наследственными факторами — одним, полученным от матери, другим — от отца. На этом основании он построил схему передачи наследственных факторов, которая впоследствии полностью подтвердилась в более сложных опытах и оказалась вещественно обоснованной при исследовании ядерного аппарата.

Закономерности, сформулированные Менделем, обладали разной степенью общности. Всеобщим является закон, который мы называем *принципом чистоты гамет*. Он гласит, что наследственные факторы, обуславливающие противоположные признаки, например, красный и белый цвет, даже попав в один организм, не смешиваются и в дальнейшем, попадая в половые клетки, оказываются столь же чистыми и несмешанными, как и до своей встречи.

Закон единообразия первого поколения при скрещивании верен для всех диплоидных организмов. Но доминирование одного признака над другим, как мы знаем теперь, является не обязательным. Отсюда следует, что известное соотношение 3 : 1 иногда заменяется (при неполной доминантности) отношением 1 : 2 : 1. Все это, однако, стало ясно лишь впоследствии и не изменило основной менделевской схемы, а лишь несколько модифицировало ее для разных условий.

Как известно, открытие Менделя, опубликованное им в 1866 г. в малоизвестном журнале, прошло незамеченным, и лишь через 35 лет наступило время для вторичного

открытия законов Менделя. Обычно это объясняется тем, что журнал, где были опубликованы работы Менделя, был крайне мало распространенным и биологи того времени просто не познакомились с его статьей.

Однако мы уже говорили выше, что можно усомниться в таком объяснении. Хотя точных данных у нас не имеется, все же можно высказать некоторые более подробные соображения по этому поводу, основанные на чисто логических предположениях.

Известно, что даже после вторичного открытия законов Менделя они встретили сильное сопротивление у значительной части биологов. Последняя вспышка такого сопротивления относится к 1939–1948 гг., в частности, к возражениям, приводившимся группой Т. Д. Лысенко. При этом не следует думать, что дело было только в недостаточной осведомленности и административных методах распространения своих взглядов. Это, конечно, имело место, но все же надо признать, что возражения против генетики среди некоторой части биологов находили психологически благоприятную почву. Действительно, законы Менделя в своей точности и четкости казались нетипичными для биологических законов и, по-видимому, вызывали внутреннее сопротивление у исследователей, не привыкших к строгой математической форме, которая, пожалуй, впервые (по крайней мере с такой силой) была выражена в биологии. Следует заметить, что этому, вероятно, способствовала не только иная специфика биологических закономерностей, но и то, что биологическую специальность в большинстве случаев тогда избирали себе по преимуществу люди, более склонные к наглядным и чисто качественным описаниям, нежели к математически точным логическим методам.

Умение выявить новое основано на точной логической переработке тех фактов, которые мы видим каждый день, но, подобно Геродоту, зачастую не умеем сопоставить, сделать из них соответствующие выводы.

В сравнительно недавнее время кем-то пущена крылатая фраза о том, что важнейшая для человечества загадка рака, вероятно, была бы разрешена, если бы был человек, который смог бы охватить и сопоставить огромное количество уже давно известных исследований по этому вопросу. Конечно, сказанное не означает, что чисто логический анализ, например, при неточном наблюдении может решить все вопросы. Так, если менделизм мог быть сконструирован, согласно Фишеру, чисто логически из обыденных знаний, то, не применяя точных мер и многочисленных специальных исследований,

все же нельзя было сделать открытие, которое было сделано на следующих этапах развития генетики, а именно — сцепления генов, приведшего к представлению об их линейном расположении в хромосоме или, например, хромосомного определения пола. Для этого уже нужны были специальные исследования с точными числовыми данными на достаточно обширном материале, что и было позже проделано особенно успешно в школе Моргана. Здесь методическое изучение объекта определило успех исследования.

Возвращаясь к более ранним стадиям развития генетики, хочется остановиться еще на двух интересных моментах менделизма. Бетсон, так много сделавший для развития генетики, выдвинул в свое время для объяснения генетических различий между парными наследственными факторами, по-разному влияющими на один и тот же признак (например, цвет семян желтый или зеленый), так называемую *теорию присутствия—отсутствия*. Коротко говоря, она заключалась в том, что один наследственный фактор из пары присутствующих, например, определяющий желтый, доминирующий цвет, рассматривался им как наличие наследственного задатка, влияющего на цвет, а другой — рецессивный (определяющий зеленый цвет) рассматривался просто как отсутствие первого. Такое объяснение было бы довольно логичным, но уже с самого начала оно противоречило эволюционным данным. Приняв эту гипотезу, очевидно, можно было бы предполагать, что эволюционные изменения животных и растений могут идти только путем постепенного устранения неблагоприятных наследственных факторов, а не путем приобретения новых полезных. Очевидно, что из ничего новые наследственные изменения появляться не могут, и, следовательно, эволюция должна была работать, как скульптор, снимающий лишнее с глыбы мрамора, с тем чтобы вскрыть совершенную скульптуру, потенциально таящуюся в этой глыбе. Однако подобное представление об эволюции означало бы, во-первых, что у истоков ее должны были находиться наиболее богатые генами формы (хотя в то же время наименее приспособленные и неизвестно, как возникшие), а во-вторых, в дальнейшем пути ее оказывались бы ограниченными, ибо обеднение наследственных факторов не может идти бесконечно. Позже, действительно, было показано, что наследственный фактор (ген) может выступать не только в двух формах, как представлял себе Бетсон, — «есть», или «нет», — но в очень большом количестве видоизменений (серии аллеломорфов). Кроме того, выяснилось, что мутационные изменения могут

идти не только в сторону выпадения наследственных факторов, но и в сторону усиления их действия. Таким образом, точка зрения Бетсона была опровергнута и эволюционно, и экспериментально. И все же следует указать, что в каком-то отношении в ней было скрыто зерно истины, хотя, конечно, его было недостаточно для того, чтобы оправдать ее в целом. Дело в том, что мутационный процесс хотя и может идти в сторону обогащения, все же гораздо чаще идет в сторону обеднения и ослабления действия наследственных факторов. Подавляющее большинство мутаций оказываются связанными с ослаблением биохимической активности мутировавших генов, и в этом Бетсон в какой-то мере был прав. Лишь небольшой процент мутаций оказывается позитивным, т. е. увеличивающим или качественно обогащающим активность наследственных факторов. Но именно эти-то изменения и определяют в основном прогрессивный ход эволюционного процесса. Если так можно сказать, статистически Бетсон был близок к истине, а качественно он грубо ошибался.

Наконец, чрезвычайно интересным с точки зрения изучения процессов развития науки является создание де Фризом мутационной теории. В 1903 г. де Фриз развил гипотезу, согласно которой наследственные изменения происходят скачкообразно у отдельных организмов, причем эти изменения дальше стойко передаются по наследству. Лишь в отдельных случаях в потомстве таких измененных организмов (де Фриз проводил опыты на ослиннике и дурмане) могут происходить обратные мутации, т. е. возврат к исходной форме, также скачкообразного порядка. Сформулированная де Фризом гипотеза впоследствии была подтверждена лишь с некоторыми небольшими поправками. И тем не менее также бесспорно, что эта гипотеза была основана на неверных опытах. Материал у де Фриза был не вполне чистый, и за мутации он принял в основном выщепление уже имеющихся наследственных нарушений. Это крайне редкий случай, когда правильная гипотеза основана была на неправильных наблюдениях. Но тем более необходимо считаться и с таким случаем. Опровержение гипотезы путем дискредитации экспериментов, на которых она основана, как видно из приведенного примера, является не абсолютно достоверным, хотя и весьма убедительным.

Другая генетическая проблема, которая еще недавно ставилась очень остро и была объектом для дискуссии, касалась вопроса о линейном расположении генов в хромосомах и об особенностях действия каждого гена (часто всего на 1–2 признака). Это вызывало большое недоверие биологов, лично не проводивших генетической работы.

Мы выше говорили, что прошедшие несколько десятилетий назад дискуссии по генетике были вызваны не только недостаточными знаниями и традиционным подходом к науке, но что наряду с этим был и общий фон недоверия к генетике среди широких кругов биологов. Генетика стала первой точной наукой среди биологических наук, где число и статистические методы играли не подсобную роль, а были органически необходимы для исследования и понимания общих законов наследственности. Эти законы в своем, если можно так сказать, стиле резко отличались от того, что было ранее обычно в биологии, ибо мы раньше привыкли к закономерностям приблизительным, к выявлению общих тенденций, к сложному переплетению различных факторов, а не к точно очерченным законам, жестким формам, похожим на четкие формулы химиков. Между тем линейное расположение генов в хромосоме походит на ряд чётков, нанизанных на одну нить. Отчетливое действие гена лишь на один признак, почти не задевая зачастую других признаков организма, строгие статистические закономерности передачи признаков — все это, казалось бы, принадлежало не биологическому миру, а какому-то совершенно иному. И на дискуссии по проблемам генетики в 1939 г. приходилось слышать от известных ученых такие фразы, как, например, «такое четкое действие генов не биологично» или «линейное расположение генов не укладывается в моей голове». Конечно, имеются все основания в данном случае винить голову, а не линейное расположение генов. И все же, принимая без критики линейное расположение генов, принимая, потому что оно фактически существует, мы еще недостаточно полно осуществляем свою задачу. Несоответствие характера этих законов законам обычным для других областей биологии действительно существует. И хотя спорить с доказанными в эксперименте законами смешно, но поставить себе задачу понять причину этого несоответствия необходимо. Ответ на это давал эволюционный подход к проблеме. Линейное расположение генов было выгодно животным и растениям, и в эволюции оно было поддержано естественным отбором, хотя и выглядело «механистично». Но отбор также поддержал «механистичные» конечности в виде грубых рычагов с шарнирными сочленениями у высших животных и отверг у них гибкие органы движения такие, как у червей или медуз.

В чем же преимущества линейного расположения генов перед любым другим порядком?

Для передачи наследственных задатков следующему поколению очень важно, чтобы из двух задатков, которые имеются

у большинства организмов по каждому признаку, к потомству отходил только один. При соединении соответственных задатков от отца и от матери снова восстанавливается двойное число и, следовательно, восстанавливается нормальная наследственная структура по каждому признаку. Половая клетка всегда имеет половинное количество наследственных задатков, в то время как соматические клетки имеют их по два. Но иногда механизм, который обеспечивает деление хромосом, нарушается, и тогда в одну половую клетку может попасть отдельный задаток (ген) в двух экземплярах, а в другую — ни одного. Такое нарушение всегда резко снижает жизнеспособность будущего организма, так как нарушается баланс генов. Какие-то вещества, которые зависят от данного гена, будут производиться или в слишком большом, или в слишком малом количестве, что, естественно, с самого начала скажется на развитии организма. Это только одна из предпосылок, но именно она определяет то, что сотни тысяч, а может быть, миллионы генов объединяются в несколько десятков хромосом (у некоторых примитивных организмов их меньше), т. е. каждая хромосома содержит не меньше десятков или сотен тысяч генов. В этом проявляется мудрость природы, ибо чем меньше единиц (хромосом) должно расделиться при образовании половых клеток, тем менее вероятность ошибок. Если бы каждый ген вел себя независимо, то среди сотен тысяч или миллионов генов всегда нашелся бы один, а может быть, несколько десятков, которые разошлись бы неправильно, в результате чего нарушился бы генный баланс. Но объединение генов имеет и свои недостатки.

Так, если в двух организмах возникли полезные признаки в одинаковых (по типу) хромосомах, то они нелегко могут объединить свою эволюционную ценность. Допустим, у каких-то копытных возникли новые полезные признаки, обусловленные изменением генов. Например, у одного улучшилось качество шерсти, что важно для этого животного, у другого появилась новая форма рогов, позволяющая эффективнее защищаться от хищников или увеличивающая его возможности в борьбе за самку. Таких признаков у различных особей может возникнуть довольно много. Если бы гены в хромосомах объединялись прочно, то это имело бы весьма печальные последствия. Предположим, что обе полезные мутации возникли в одинаковых хромосомах (т. е. таких, которые, попадая в одну клетку, составляют пару). Рано или поздно самец с одним из полезных признаков скрещивается с самкой, у которой имеется другой полезный признак. Их потомки будут иметь пару хромосом, из которых в одной

содержится полезный ген, улучшающий рога, а в другой — улучшающий шерсть. Если оба этих признака доминантны, тогда потомок от их скрещивания будет иметь оба полезных признака⁵⁾. Если ему очень повезет и он скрестится с животным, также имеющим оба полезных признака, то и тогда только половина его потомков получают эти признаки, так как при расхождении хромосом только в одну половую клетку попадет хромосома, несущая ген улучшенных рогов, а в другую — ген улучшенной шерсти. То же самое и у самки: половина ее неоплодотворенных яиц будет иметь один полезный ген, а половина — другой. При оплодотворении возможны четыре комбинации: в одной четверти случаев соединяются гены, определяющие лучшие рога, но признак хорошей шерсти будет отсутствовать; в четверти случаев ген хорошей шерсти попадает в одно оплодотворенное яйцо тоже с геном хорошей шерсти, но задатки улучшенных рогов будут отсутствовать; в четверти случаев один хороший признак будет получен от отца, а другой от матери и, таким образом, эти потомки будут нести оба полезных признака; наконец, в последней четверти случаев будет обратная комбинация, где также объединятся оба полезных признака, но уже от матери придет первый, а от отца второй. Следовательно, лишь в половине случаев будут созданы наследственные структуры, обеспечивающие оба преимущества, а в других — будет унаследован только один полезный признак. Значит, если гены, находящиеся в одной хромосоме, не могут разделяться и объединяться с генами другой (парной) хромосомы, то никакой естественный отбор не может помочь в создании устойчивой формы с двумя полезными признаками. Это возможно здесь в том единственном случае, когда в хромосоме, несущей первый полезный признак, произошла новая мутация, определяющая второй признак. Но это процесс очень длительный, и эволюция крайне замедлилась бы.

То строение хромосом, которое мы реально наблюдаем, позволяет избегать этого. Благодаря линейному расположению генов хромосомы могут обмениваться отдельными, соответствующими генами. При этих условиях разные полезные признаки, возникшие даже в гомологичных, т. е. составляющих пару, хромосомах, все же могут довольно часто объединиться в одной хромосоме. Тогда среди потомков появятся устойчивые формы, способные давать при

⁵⁾ Здесь выбран наиболее благоприятный для отбора и редкий случай: когда новые полезные признаки доминантны. Если бы они (как обычно) были рецессивны, то уже никогда не могли бы совместиться у одного организма при указанных условиях.

размножении только таких же, обладающих обоими преимуществами, животных. Они будут нести оба полезных признака в обеих парных хромосомах.

Расположение генов в цепочку позволяет разрешить трудную задачу и отвечает двум требованиям, необходимым и для жизнеспособности, и для эволюции организма. Оно обеспечивает почти всегда правильное расхождение генов по одному в каждую половую клетку и одновременно создает возможности для объединения и комбинирования любых генов, если это полезно при естественном отборе.

Надо сказать, что имеются случаи, где процесс идет иначе. У самоопыляющихся растений, хотя и имеются парные хромосомы, как будто бы приспособленные к такому обмену, фактически он почти не происходит. Растение не скрещивается с другими экземплярами, и если в природе, например, у разных растений пшеницы возникли какие-то полезные признаки, то объединиться они практически не могут. Объединить их может только искусственное оплодотворение, которое производят селекционеры, выводя новые сорта. Но это уже особый случай. А в естественных условиях такое объединение не происходит, и в результате эволюция идет медленнее, путем последовательного возникновения новых полезных признаков у потомков того растения, у которого возник первый из этих полезных признаков (а не путем объединения полезных признаков, возникших независимо). Например, если одно растение приобрело устойчивость к какой-то болезни, а другое — к засухе, то их признаки объединиться не могут. Более того, преимущество одного растения, увеличивающее его возможности выжить и оставить большое потомство в силу конкуренции, будет затруднять распространение потомства другого растения с иным полезным признаком. В результате появление каждого полезного признака будет мешать распространению других. Рано или поздно, но можно рассчитывать на появление среди растений, несущих полезный признак, новой мутации, которая принесет новый полезный признак, и эволюция сделает шаг вперед. Однако шаги эти очень медленные, ибо в случае скрещивания полезные признаки могут объединиться гораздо быстрее. Именно этим объясняют, что самоопыляющаяся пшеница приспособлялась к новым условиям и продвигалась к северу медленнее перекрестноопыляемой ржи.

Возникает вопрос, почему же существуют и выживают растения-самоопылители, если их эволюция идет медленнее? Следует сказать, что самоопыление имеет свои преимущества. Эволюционируют самоопылители действительно медленнее, но зато при распространении в новую область им

нет необходимости встречаться со своим «соплеменником» для размножения. Растению всегда обеспечена возможность оплодотворения, поскольку она заключается в нем самом. Самоопылители лучше размножаются и легче проникают в новые области, если там сходные условия и не требуются новые эволюционные изменения. Если же появляется необходимость эволюционирования, они отстают в развитии. Значит, с эволюционной точки зрения их преимущества временные.

Возвратимся к вопросу о линейном расположении генов. Мы видели, что оно является «оптимальным», т. е. наилучшим из возможных для перекрестноразмножающихся растений и животных. И то, что у самоопылителей гены также имеют линейное расположение, лишней раз доказывает их происхождение от перекрестноопыляемых.

Интересно, что в природе был отмечен редкий случай возникновения у дрозофил хромосомы в виде кольца. Однако эта форма нигде не приобрела распространения, так как тогда для обмена генами нужен не один разрыв, а два⁶⁾. Можно думать, что раз даже на нашем коротком научном веку (по сравнению с огромными масштабами эволюции) такие кольца возникали, то они могли бы распространиться среди хотя бы немногих видов, если бы были безвредными. Однако у многоклеточных организмов такие кольца, как видовой признак, не наблюдаются. Они наблюдаются только у бактерий, где механизм наследования в некоторых деталях несколько иной, что, очевидно, связано с особенностями их биологии.

Увлекательны теоретические медико-биологические проблемы. Уже со времен «отца медицины» Гиппократы многие врачи объединяли людей в определенные типы, каждый из которых предрасположен преимущественно к своему кругу болезней. Даже в литературу (особенно XIX века) широко вошли такие выражения, как «человек чахоточного вида», «апоплексического типа» и т. д.

Многие исследователи пытались создать свои классификации таких типов. В основу одних были положены морфологические признаки, например, узкий и широкий тип, в основу других — тип питания («травоядные» — широкие, склонные к полноте и обратный тип — «плотоядные»), в третьих — конституции выделяли по наиболее развитой системе — пищеварительной, дыхательной, мышечной, мозговой и т. д. А. А. Богомолец считал, что преимущественное развитие одного из видов соединительной ткани (тонкой, жировой, грубоволокнистой и т. д.) определяет различия в конституции человека.

⁶⁾ Точнее, нужно четное число разрывов.

Следует отметить, что каковы бы ни были различия в классификациях, все же в основе их лежало описание одних и тех же 2—4 видов сложения. Причем все отмечают склонность к определенным заболеваниям: у узкогрудых — к туберкулезу легких, опущению желудка, малокровию и т. д.; у широких — к болезням обмена (подагра, ожирение, диабет), отчасти к сердечно-сосудистым; у крупных людей с развитой мускулатурой — к сердечным, почечным, к тяжелому течению острых инфекций.

Справедливое возражение вызывало то, что авторы этих систем выделяли типы, слабо учитывая переходы между типами, ибо предрасположения, хотя и наблюдаются, но не в 100%. Иногда человек узкого сложения заболевает подагрой, а широкого — туберкулезом. Со временем стали говорить, что здесь имеется лишь корреляция признаков, а не абсолютная их связь. Корреляция говорит только о большой вероятности связи. Например, у блондинов обычно бывают голубые глаза, у брюнетов — черные, однако встречаются черноглазые блондины и голубоглазые брюнеты.

Математики измеряют корреляцию особым коэффициентом r . Если он равен 1, значит, признаки связаны прочно: наличие одного обязательно обуславливает присутствие другого. Если он равен -1 , то присутствие одного исключает наличие другого. При $r = 0$ признаки не влияют друг на друга. Например, брюнет может быть и курносый и горбоносый. Представление о корреляции дало ключ к теоретическому разрешению вопроса. Корреляция наблюдается там, где признаки имеют одну общую причину. Например, цвет глаз и цвет волос зависит от одной и той же способности организма производить пигмент. Но в таком случае связь должна быть абсолютной ($r = 1$). Однако коэффициент корреляции цвета глаз и волос равен примерно 0,25. В чем же дело?

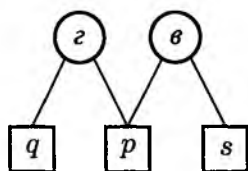


Рис. 1.

Оказывается, есть причины, кроме общей способности организма образовывать пигмент, которые также определяют цвет глаз и волос (рис. 1). На цвет глаз (z) могут влиять местные причины (q), а на цвет волос (v) другие (s), от них не зависящие. В результате мы наблюдаем только частичную

связь, т. е. то, что мы называем корреляцией. Естественно, что между типами конституции есть промежуточные звенья, зависящие от состояния причины, связывающей все признаки, так же, как наблюдаются все переходы от черноглазых

брюнетов к голубоглазым блондинам⁷⁾. То, что мы называем «типами», — более или менее крайние отклонения этой причины от среднего состояния. Соответственно более или менее изменяются и отчасти зависящие от нее признаки.

В литературе накопилось огромное количество тонко подмеченных фактов связи признаков, однако объяснения их, как правило, были произвольными. Очевидно, что, не делая сразу общих выводов, необходимо было изучить факты корреляции (а они почти у всех авторов полностью совпадали) и, последовательно выделяя признаки и их причины, найти одну причину, общую для всех.

Предварительный анализ показал, что, видимо, есть две основные причины, два физиологических фактора, каждый из которых связывает в один пучок целый комплекс признаков. Причем, если они сильно отклоняются от среднего, создается «типичная конституция», так как происходит одновременное отклонение по большинству признаков.

Первая причина — характер глубоких процессов обмена (соотношение ассимиляции и диссимиляции), который обычно довольно сходен во всех клетках одного организма, ибо они все произошли из одного яйца, имеют один генотип и испытали общие болезни, перенесенные данным организмом.

Если преобладает трата веществ, то уровень второстепенных веществ в организме (жиров, менее ценных форм белков, солей в костных образованиях и т. д.) понижается и развивается узкая (лептосомная) форма тела обычно с рядом особенностей скелета (заостренная нижняя часть лица, немного выдающаяся вперед средняя; грудь и таз обычно уплощены и т. д.) — это результат большой податливости скелета в период роста. Менее крепки связки, а отсюда частое опущение желудка. Мало запасных веществ — чаще наступает истощение, меньшая сопротивляемость инфекциям. Зато при тяжелой инфекции меньше идет распад этих веществ, ниже уровень отравления ими и болезнь может протекать легче, чем у людей широкого типа сложения. По этой же причине у них реже наблюдаются болезни обмена веществ (подагра, ожирение), реже и слабее — склероз сосудов. Таким образом, развившиеся недостатки возмещаются устойчивостью к недостаткам противоположного типа.

⁷⁾ Следует подчеркнуть, что корреляция цвета глаз и волос здесь приводится как аналогия. Типы же конституции как раз с цветом и не связаны. Но явление корреляции основано на связях того же типа — одной общей и многих различных.

Точно так же у двух других типов («атлетоидного» — крупного и «грацильного» — противоположного ему) большинство особенностей зависит от различий в процессах роста. При этом имеют значение закономерности неравномерного роста разных органов и тканей и изменения их соотношения. Например, мозг в постнатальный период растет мало, внутренние органы (почки, сердце и др.) — больше, а кости и мышцы — еще больше. Изменение соотношения сказывается на нагрузке сердца и почек, на ряде других функций. Одни улучшаются, другие в чем-то становятся хуже, но важно то, что каждый определенный тип конституции чаще всего (хотя и не всегда) имеет определенную же, наиболее вероятную для него морфологию.

Мы изложили вопрос, конечно, в самом общем, несколько упрощенном виде. Обращает на себя внимание то, что его решение основано на математических принципах, на представлении о корреляциях и их механизмах. Однако речь идет не о применении математических методов и расчетов, а об использовании именно принципов, в их самой общей форме.

Другая проблема — анализ причин (этиологии) и путей развития (патогенеза) неинфекционных заболеваний, таких, как язва желудка, гипертония, глаукома, нервно-психические болезни (шизофрения, психастения, эпилепсия и т. д.). Тут пока еще много неясного.

Конечно, изучение причин и патогенеза заболеваний в каждом конкретном случае должно идти в значительной степени по-разному. И все же можно выделить некоторые общие теоретические принципы. Например, причины близорукости исследовали отчасти так же, как изучали типичные конституции, т. е. анализировали признаки организма, которые чаще встречаются при близорукости. Это позволило сделать ряд важных выводов. Близорукость сейчас связывают с ослаблением оболочек глаза и с небольшим повышением внутриглазного давления.

Но есть и другой путь, который хотя не дает полного решения вопроса, но позволяет отобрать из имеющихся гипотез более вероятные и отбросить менее вероятные. В организме все основано на взаимодействии органов, на том, что в кибернетике называют обратной связью: когда один орган действует на другой, а второй — на первый ($A \rightleftharpoons B$). При этом, если оба органа стимулируют друг друга — обратная положительная связь ($A \overset{+}{\rightleftharpoons} B$), развитие их будет все время ускоряться. Если один орган стимулирует

второй, а второй угнетает первый ($A \overset{+}{\rightleftharpoons} B$), то чаще всего создается равновесие. Усиление A усиливает B , а последний его угнетает и возвращает в прежнее состояние. То же, как нетрудно понять, получается и при отклонениях B .

Если попытаться эти взаимоотношения процессов выразить графически (рис. 2), то в первом случае ($++$) мы получим ускоренное нарастание, а во втором ($+ -$) стремление к устойчивому положению. Понятно, что то же имеет место и при болезнях. Поэтому, если мы видим нарастающую кривую болезни (гипертония, нелеченная глаукома, некоторые формы шизофрении), то всякое объяснение их хода, основанное на «плюс — минус» взаимодействии (т. е. на отрицательной обратной связи), не годится. Очевидно, в этом случае процесс, так сказать, сам себя подгоняет, и первичные изменения в результате болезни ведут к вторичным, которые опять усиливают первые.

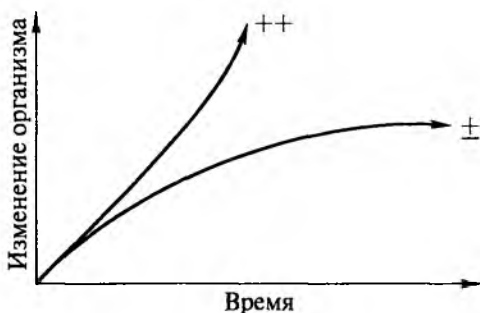


Рис. 2.

Наоборот, для хронических болезней (некоторые формы язв желудка и других трофических язв, психастения и т. д.), которые могут (без ухудшения условий жизни) долго продолжаться на одном уровне, необходимо иное объяснение. Здесь также имеется устойчивость, как и в здоровом организме, но только на другом уровне. Это своего рода испорченные весы. В основе здесь лежит «отрицательная обратная связь» ($A \overset{+}{\rightleftharpoons} B$), где, однако, один орган (или процесс) почему-то действует или слишком сильно, или слабо. Гипотезы о «положительной обратной связи» развития процесса здесь надо отбросить.

Как видим, определение типа связи может очень сэкономить усилия при анализе хода болезни за счет выбора

с самого начала возможных гипотез и отбрасывания неверных. И здесь математический (точнее, кибернетический) подход основан на установлении принципиально широкого типа систем, а не на каком-либо вычислительном методе.

Некоторые проблемы теоретической биологии

Внесение теоретического метода в биологию позволяет нам не только решать задачи, неразрешимые иным путем или решаемые с огромными затратами усилий экспериментальным путем, но ставить и совершенно новые вопросы, которые в чисто экспериментальном плане зачастую даже не возникают.

Перечислим несколько таких проблем. Проблемы эти разного значения. Но все они имеют то общее, что в основном их разрешают путем чисто теоретическим. Так, например, встречаясь с проблемой сна, экспериментаторы в основном изучают причины сна, конкретные механизмы, пускающие его в ход, значение физического состояния человека и животных и т. д. Но при теоретическом рассмотрении этого вопроса бросаются в глаза еще некоторые особенности, на которые как-то мало обращали внимания физиологи-экспериментаторы.

Например, мы спим, когда потребность в сне почти отпала, и, наоборот, — не спим, когда эта потребность велика. Что это значит? Представим себе, что человек живет по строгому режиму: в 8 часов утра он встает, а в 12 ночи ложится. Одна треть суток уходит на сон, две трети на бодрствование, как это рекомендуют многие гигиенисты. Разберемся, все ли здесь понятно. Действительно, если в течение дня с 8 часов утра до 12 часов ночи накапливается усталость (в чем бы это ни выражалось: накопление каких-то вредных веществ или потеря веществ, обеспечивающих работу), то ведь ясно, что к 11 часам вечера усталость должна быть почти предельной (рис. 3). И наоборот: к 7 часам утра утомление нервной системы почти снято, во всяком случае оно гораздо меньше, чем к 11 часам вечера. Тем не менее с 11 часов вечера человек не спит еще целый час, а после 7 часов утра он, почти уже освобожденный от усталости, продолжает спать еще целый час. Значит, состояние сна не прямо отвечает на нашу усталость, а сон и бодрствование имеют какую-то инерцию: начал человек бодрствовать и продолжает бодрствовать уже тогда, когда у него масса предпосылок для сна. Заснул и спит до полного освобождения от утомления.

Вот этот вопрос, который практически не возникал у физиологов-экспериментаторов, является чрезвычайно важным

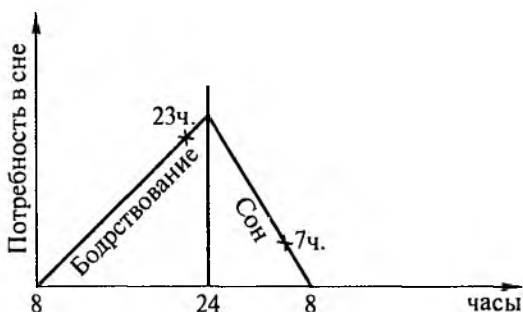


Рис. 3.

и позволяет проникнуть в некоторые механизмы, существенные не только для сна: по этому же принципу протекают и другие, очень многие функции человека. Приведем менее эстетичный пример, но особенно легко расшифровывающийся: мочеиспускание. Наполнение мочевого пузыря является причиной мочеиспускания. Здесь та же схема: мочеиспускание начинается тогда, когда мочевой пузырь наполнен почти до предела, а не когда он наполнен лишь наполовину, и прекращается, когда пузырь опорожняется полностью. Как видно, схема та же: начавшееся наполнение по инерции идет до предела, и начавшееся опорожнение также продолжается до полного опустошения.

Рассмотрение этих вопросов может идти параллельно, ибо схема и принципы одни и те же. Раз начавшийся процесс сам себя поддерживает. В этом отношении сон наряду, может быть, с другими причинами, осуществляется так благодаря включению и выключению органов чувств. Когда-то Штрюмпель наблюдал больного, у которого были разрушены все органы чувств, кроме одного глаза. Если больному закрывали этот глаз, то он засыпал. Значит, раздражение со стороны органов чувств поддерживает бодрствующее состояние, а выключение их способствует торможению центральной нервной системы, выражающемуся в сне. Позже такие опыты были проделаны на животных и подтвердили указанный вывод.

О чем это говорит? Ведь при естественном сне у нас в первую очередь выключаются все наши органы чувств. Глаза просто закрываются, а другие органы чувств в значительной степени отключаются от высших центров путем торможения. Нужен иногда очень сильный звук, чтобы он дошел до спящего и вызвал у него нормальную реакцию. Таким образом, человек усиливает свой сон и поддерживает его путем выключения органов чувств. После этого выключения уже в значительной степени отдохнувший мозг все еще

продолжает спать до полного снятия утомления, хотя бы и небольшого.

Напротив, проснувшись, человек начинает воспринимать окружающий мир всеми органами чувств. Раздражения, которые идут от них, не дают ему заснуть до наступления очень высокого утомления. Здесь образуется обратная положительная связь: бодрствование — включение органов чувств — бодрствование, которая создает инерцию для активного состояния нервной системы, и аналогичная положительная обратная связь: сон — выключение органов чувств — сон для ночного отдыха.

Сходное происходит и при мочеиспускании. Лишь при очень высокой степени наполнения мочевого пузыря открывается «анатомический замок — сфинктер», т. е. мышечное кольцо, которое запирает выход из мочевого пузыря. Но когда этот «замок» открыт, вытекающая моча раздражает мочеиспускательный канал, а нервные импульсы, идущие от мочеиспускательного канала, приводят к расширению сфинктера, т. е. поддерживают вытекание мочи. Этот процесс продолжается, пока вся жидкость не будет удалена из пузыря.

Эта схема, конечно, относится к случаям произвольного мочеиспускания у детей раннего возраста и требует известных дополнений у взрослых животных и людей, у которых регуляция зависит также и от сознания. Важно другое — в жизни организма животного и человека целый ряд процессов требуется доводить до конца, будет ли это сон или какие-либо другие явления, и во всех этих случаях вступает в действие один и тот же по типу механизм обратной положительной связи.

Сходные процессы уже давно ставили перед экспериментаторами вполне осознаваемые ими задачи, которые решить им, однако, не удавалось. Это относится, например, к градиентным системам. Примером такой системы является червь планария, который, будучи разрезан пополам, восстанавливает у обеих половин отсутствующую часть: голову на хвостовой и хвост на головной. Казалось бы, логически этого не должно быть. Разрез разъединил очень близкие по типу рядом лежащие клетки, которые должны были бы развиваться или в хвост или в голову одинаково на обеих половинах. Между тем они, как бы по указанию невидимого дирижера, развиваются в отсутствующую у данного организма часть.

Американский ученый Чайльд показал, что в разных участках планарии имеется разный уровень обмена: в головной части более высокий, а в хвостовой более низкий, и сделал заключение, что голова развивается всегда из участка с наиболее высоким обменом, а хвост — из участка

с наиболее низким обменом. Это давало неполное объяснение. Ведь абсолютный уровень обмена по линии разреза был одинаковый. Объяснение можно дать, если учесть, что конец с более высоким уровнем обмена угнетает противоположную сторону. Тогда становится понятно, что в хвостовой части участок с наиболее высоким уровнем обмена, пока он входил в состав целого червя, также в какой-то мере угнетался более сильным влиянием головы. Когда же он освобождался от этого угнетающего влияния и становился сам, как наиболее близкий прежде к голове, самым сильным, он мог (уже без подавляющего влияния головы) достигнуть максимального уровня обмена. Благодаря этим изменениям он мог восстановить именно головной участок червя. Напротив, граничащий с ним ранее участок червя, лишившись примыкавшего хвостового участка, оказался в головной части. Таким образом, он становился объектом наиболее сильного угнетающего действия головы и, снизивши свой обмен, приобретал свойства, которые обеспечивали развитие только хвоста.

Здесь мы видим ту же самую схему, но уже в ином положении. Более сильная часть как бы сама себя усиливает тем, что угнетает противоположный конец, и, наоборот, угнетенная часть под давлением более сильной части угнетается все дальше, так как теряет способность к сопротивлению. Процесс нарастает до возможного предела и вызывает здесь ту же поляризацию, ту же противоположность, но уже в морфологическом, пространственном плане, которую мы видели на примере сна и бодрствования во времени: максимальный уровень бодрствования сменялся максимальной продолжительностью сна.

В связи с этим возникает еще один интересный вопрос. Природа старается раздвинуть границы различных состояний, что особенно ярко видно на примере сна и бодрствования. Наиболее отчетливо эта противоположность выражена у высших животных — наиболее напряженная высшая нервная деятельность при бодрствовании, почти полное выключение высших центров во время сна.

Ряд психических заболеваний (шизофрению, истерию) в известном смысле можно рассматривать как специфическое для каждого из этих заболеваний приближение бодрствующего состояния к сонному торможению. Однако если мы рассмотрим вопрос шире, то увидим, что, помимо этих двух нормальных уровней — максимального отдыха и нормальной деятельности, можно с известным правом выделить третий уровень деятельности — сверхвысокий. Действительно,

в моменты максимальной опасности, возбуждения, гнева и т. д. человек зачастую оказывается способен на действия, далеко выходящие за пределы его нормальных способностей. Установлено, что в это время резко усиливается выделение в кровь некоторых веществ, повышающих функции органов чувств, сердца, мышц и мозга, таких, как адреналин и другие. В то же время замедляется действие тех органов, которые способствуют усвоению веществ и пополнению системы организма. Было показано, что под влиянием адреналиноподобного вещества — фенамина — человек не только способен бодрствовать гораздо дольше и совершать большую умственную работу, но у него повышается острота зрения и ряд других функций. Тот же эффект вызывает болевое раздражение, которое, как известно, увеличивает содержание адреналина в крови.

Возникает вопрос: если организм способен на гораздо большую работу, чем он совершает в обычном состоянии, и лучшую остроту органов чувств, то почему не пользоваться этим постоянно? Ведь это, бесспорно, дало бы большие преимущества в борьбе за существование, в способности хищника выследить жертву и, наоборот, жертвы избежать его.

Очевидно, если преимущество так легко достигается и все же обычно не используется, значит, механизмы его имеют и обратную, отрицательную сторону. Действительно, опыты показывают, что постоянное введение животным фенамина ускоряет развитие склероза сосудов; избыток адреналина может вызвать глаукому. Короче говоря, повышение уровня функции приводит к быстрому изнашиванию отдельных органов или организма в целом. Вероятно, поэтому в эволюции выработались три основных уровня функции.

1. **Нормальный**, когда организм совершает необходимую для его жизнедеятельности работу (в том числе умственную), в какой-то степени истощающую и утомляющую его, но не приводящую к его изнашиванию и не укорачивающую жизнь.

2. **Максимальный отдых** — сон, когда ликвидируется обычное утомление и восстанавливаются силы. Однако работа организма, его реакции на внешние обстоятельства не прекращаются: сквозь сон мать слышит плач ребенка и встает к нему и т. д.

3. **Состояние «экстремной тревоги»**, когда мобилируются все силы организма, «его неприкосновенный запас», что иногда идет в ущерб будущему здоровью, ускоряет изнашивание организма. Но организм вынужден идти на это во имя сохранения жизнеспособности. Для организма выгоднее чем-то поступиться, чтобы сохранить жизнь. Примером

этого является бегство от сильного врага, борьба за самку, с тем чтобы оставить потомство и др. Следовательно, организм резервирует какие-то механизмы, которые обычно не функционируют, но при необходимости могут быть мобилизованы.

Такое эволюционное понимание уровней функций многое объясняет в нашей жизни. В свое время, когда после блокады Ленинграда фашистами у многих ленинградцев, мужественно выстоявших все трудное время, развилась гипертония (ее так и называли ленинградской) — это была плата за их необычайную самоорганизацию. Другой пример. Организм недостаточно реагирует на болезнь, и ему угрожает смерть или инвалидность. И тогда надо его «подхлестнуть», мобилизовать хотя бы на время его резервные механизмы, которые могут нарушить некоторые функции, но в то же время позволят достичь главного — сохранить жизнь. Может быть, именно в этом смысл тканевой терапии, когда человеку вводят продукты распада тканей. Обычно при большой травме они возникают в организме сами и мобилизуют его защитные силы. Но если болезнь хроническая, то организм как бы привыкает к ней, несмотря на то, что она постепенно подтачивает и разрушает его. Вот здесь-то и следует ввести продукты распада в таком количестве, которое заставит органы мобилизовать резервные механизмы, способные восстановить нормальное их функционирование и дать им новый запас энергии, необходимый для дальнейшей борьбы.

Так проходит процесс или иначе, однако тканевая терапия дает хорошие результаты при хронических болезнях, но вносит некоторый процент риска при остром заболевании. Перемобилизация резервных сил также отрицательна, ибо слишком бурная реакция организма может вызвать чрезмерную температуру и распад тканей с образованием токсических веществ.

Задача изучения основных уровней активности, их эволюционного возникновения и практической роли — очень интересна и требует широкого обобщения фактов. Но надо помнить, что, кроме основных уровней, есть и подуровни (различия в глубине сна и в состояниях бодрствования).

4. Можно выделить и еще один важный, последний уровень, когда организм выходит за пределы нормы. Это обморок, бессознательное состояние, падение сердечной деятельности и т. д. Это состояние — не просто восстановление сил с возможностью их быстрой мобилизации, а внутренняя борьба за жизнь уже при потере способности к внешней защите.

Приведем еще один пример проблем, возникающих в биологии в теоретическом аспекте, но имеющих большое

практическое значение. Это вопрос о старости и долголетию. Проблема эта до сих пор не разрешена. Некоторые ее стороны хорошо изучены экспериментально: известно, какие изменения, если не все, то многие, сопровождают старение; известна статистика долголетия у человека и разных животных, и есть ряд гипотез, рассматривающих этот вопрос, пытающихся дать на него ответ. Но некоторые стороны этой проблемы до сих пор оставались в тени вследствие недостаточного развития теоретической биологии и недостаточно четкого теоретического подхода. В самом деле, есть мнение, что старение — неизбежное следствие дифференцировки, усложнения организма, что это так же закономерно, как энтропия в неорганическом мире: постепенное падение разностей в уровне энергии, которое, как раньше обещали физики, рано или поздно приведет к тепловой смерти Вселенной. Теперь на это смотрят несколько по-иному, но сам факт нарастания энтропии в пределах нашего района Вселенной не подвергается сомнению.

Вот так же некоторые авторы рассматривают старение: это неизбежная потеря биологически ценных свойств слишком усложненным, высокоразвитым организмом, которая приводит его к гибели.

Некоторые авторы, в том числе Ж. А. Медведев, высказывали мнение, что старение связано с накоплением ошибок синтеза, в частности, и с нарушениями в хромосомном аппарате, в результате чего в отдельных клетках все чаще и чаще теряется способность к полноценному образованию необходимых ферментов и белков, и клетки как бы инактивируются, становятся менее жизнеспособными. Процент этих клеток в организме все растет, и другим, оставшимся в этом отношении полноценными, клеткам, все труднее компенсировать возникшие таким образом изъяны обмена веществ. Постепенно понижается сопротивляемость организма, он выбывает из строя. Другие считали, что исходным является старение коллоидов клеток. Так на это смотрел А. А. Богомолец. Имеются и иные точки зрения.

Н. К. Кольцов, напротив, считал, что старение — приспособление вида. Виду выгоднее, чтобы отдельные животные жили не слишком долго и чтобы быстрее сменялись поколения, дабы старые животные не мешали развиваться молодым, а молодые как можно скорее оставляли бы потомство. Тогда эволюция вида пойдет скорее, и вид в целом будет лучше приспособляться к условиям жизни. Он будет обгонять те виды, у которых отдельные особи живут долго, и благодаря этому эволюция совершается медленно.

И вот тут необходимо разграничить с теоретической точки зрения по крайней мере три разных подхода, которые требуют четкой формулировки для возможного решения вопроса.

Первый — это вопрос эволюционный. Что бы ни было причиной старения, но важно знать — как к вопросу о старении и долголетию относится эволюция вида. Препятствует ли она старению, старается ли (если можно так выразиться) удлинить жизнь особи или, наоборот, укоротить? Если тенденция эволюции в том, чтобы удлинить жизнь, значит, ныне живущие животные только с большим трудом достигли такого долголетия. Тогда дальнейшее удлинение жизни еще более трудно достижимо, раз уже за долгие эпохи эволюция не сумела более успешно справиться с задачей (хотя в принципе и это не закрывает нам дорогу к борьбе со старостью). Если же, наоборот, — эволюция «работает» в сторону укорочения жизни, то для человека открываются более широкие перспективы: значит, мы живем меньше, чем могли бы жить. А если мы живем меньше, чем могли бы жить, значит, мы используем не все ресурсы, которые природа могла бы нам дать и которые она нам не дала только потому, что для эволюционного процесса это было невыгодно. Тогда мы можем попытаться возратить себе то долголетие, которое, может быть, реально, или хотя бы потенциально, было у наших предков и которое во всяком случае принципиально возможно для организма нашего типа.

Такая постановка вопроса привела к попытке выяснить, с чем связано долголетие. В частности, давно уже была отмечена связь долголетия с большими размерами животного и с высоким развитием мозга. Это было точнее подтверждено в работе автора и позже в работе Т. В. Анфаловой, М. В. Беловой, Е. С. Дементьевой и Н. В. Корчагина. Исследования позволяют думать, что если большие размеры и развитие мозга связаны с долголетием, то, скорее всего, эволюция действительно работала против долголетия. И только там, где было очень выгодно увеличение мозга или размеров, она соглашалась на уступки. Соглашалась потому, что эти уступки оплачивались другими выгодами. Цефализация (развитие мозга) и большие размеры давали здесь значительно большие преимущества, чем те, которые дает скорость эволюции. И тут мобилизовались неиспользованные резервы долголетия, позволявшие увеличить размеры и усовершенствовать поведение. Эти ресурсы, по-видимому, были у них в запасе. Так, крыса живет всего 2,5 года, а человек — 80 и более лет. Во всяком случае, достоверны сроки жизни в 120 лет.

Значит, принципиально такое долголетие вообще возможно, но человечество в основной массе почему-то эту возможность не использовало. Это, очевидно, наследие наших ближайших животных предков, которым было важно быстро изменяться в эволюции в зависимости от среды, — причина, которая для нас теперь отпала, так как мы сами изменяем окружающую среду. Наше соответствие с ней мы поддерживаем другими способами: мы не приобретаем мех, а надеваем одежду, не гоняемся за дичью, а разводим домашних животных и при перемене климата можем приспособиться к нему не так, как приспособляются животные, а путем изменения одежды, домов, сознательного изменения питания и т. д.

Такая постановка вопроса уже позволяет с известной, довольно большой вероятностью ответить на первый вопрос положительно. Эволюция, видимо, стремилась сократить сроки жизни, если недостатки большого долголетия (замедление самой эволюции) не искупались какими-то другими значительными преимуществами.

Но есть и другие вопросы, не менее важные в проблеме долголетия. Один из них связан с экспериментальными исследованиями: в какой степени мы можем переносить данные о старении, полученные на других животных (крысах, собаках или морских свинках), на человека? Мы очень многое, и вполне законно, изучаем на животных, а затем применяем для решения соответствующих проблем у человека. Но, если нами правильно решен первый вопрос — что природа работает против долголетия, могут возникнуть и сомнения. Если природе важно укоротить жизнь, то она ведь может сделать это разными способами, лишь бы была достигнута цель. Система всего организма в этом отношении похожа на цепь, и какое звено ни будет ослаблено — цепь оборвется. Следовательно, если эволюционная задача такова, чтобы ускорить смену поколений и укоротить жизнь отдельных особей, то вовсе не обязательно, чтобы она решалась у разных видов одним и тем же способом. Возможно, что конечные результаты (быстрое протекание жизни) и достаточно сходны у этих видов, но механизмы, которые приводят к этим конечным результатам, вызваны первоочередным нарушением разных отдельных звеньев всей системы и могут быть различными у крысы, кита и человека⁸⁾. Поэтому экспериментальные данные, полученные на немногих видах животных, не имеют бесспорной общности и должны приниматься с большой

⁸⁾ Аналогично этому деление на два пола определяется разными механизмами у млекопитающих, у птиц и у некоторых червей. А результат — везде два пола.

осторожностью, так как проблема долголетия — это одна из тех проблем, где решение ее природой может идти у разных видов разными путями. Но это только предостережение. Может быть, более важными являются другие вопросы.

Как же происходит старение? С точки зрения изучения живых систем оно может идти в принципе двумя путями. Первый путь, например, описывается в мутационной теории старения. С течением времени мутации, ослабляющие активность клеток, накапливаются, ухудшают процессы обмена и роста клеток, и в результате наступает старение. Механизмы, регулирующие организм, в какой-то мере компенсируют это, пока сами не станут достаточно слабыми и окажутся не в силах справиться с нарастающим ослаблением организма. Таковы представления Мечникова, Богомольца и представителей мутационной теории, хотя причины в значительной степени предполагались разные: постепенное самоотравление организма (И. И. Мечников), старение коллоидов, то есть увеличение частиц коллоида, из которых состоят клетки (А. А. Богомолец), или инактивация, ослабление активности хромосомного аппарата.

Но были и другие точки зрения, не обязательно исключаящие первую, но выдвигавшие на первый план другой аппарат. Русский физиолог Н. А. Белов, который первым в биологии вполне отчетливо развивал, как мы говорили раньше, теорию отрицательной обратной связи, видел причину в рассогласовании работы разных органов. Он полагал, что многочисленные звенья целой цепи органов, связанных такой обратной связью, работая на равновесие, тем не менее в своем сложном взаимодействии рано или поздно автоматически приведут к нарушению регуляции. Таким образом, в самой системе регуляции заложены неизбежно нарушающие ее механизмы. Иначе говоря, с его точки зрения, при старении дело не в потере каких-то отдельных полезных свойств, не в инактивации, а во взаимоотношениях органов, которые, постепенно нарушаясь, приводят к разрушению системы организма.

В известном отношении сходную точку зрения развивал А. А. Богданов, полагавший, что случайные отклонения в работе отдельных органов и тканей неизбежно приводят к тому, что какое-то звено становится более слабым, а по его представлению, эффективность систем, их работоспособность, как и прочность простой цепи, определяются в основном не наиболее сильным, а наиболее слабым звеном. В этом случае даже усиление одних органов не может исправить вреда, наносимого ослаблением других органов.

Самые хорошие почки не могут спасти человека, если отказало в работе сердце. И самое сильное сердце не может спасти человека, если погибли его почки. Ограничивая работу системы, такое слабое звено приводит к вторичному ослаблению сильных. Плохое питание (если слабое сердце) или отравление (слабость почек) ослабит весь организм. А постепенно нарастающее ухудшение работы всей системы приводит к ослаблению других звеньев, которые ограничивают работу организма все дальше и дальше, пока не приводят к его полной деградации.

Точка зрения Н. А. Белова и А. А. Богданова не была достаточно полно доказана. Рассуждение Н. А. Белова, когда он пытался конкретизировать свою схему, было математически очень неточным. Соображения А. А. Богданова также не были прямо подтверждены экспериментом. Тем не менее с ними приходится считаться, так как мы знаем, что нарушение одной системы организма в общем его комплексе отрицательно отражается на других. Разрегулировка организма может играть или самостоятельную, или вторичную роль в процессе старения. Какие-то первичные, почти фатальные нарушения (например, коллоидного состояния или хромосомной активности) могут вызывать разрегулировку, а она — ускорять старение. Тогда ее роль вторична, хотя, возможно, велика. Если мы имеем дело с глубокими молекулярными явлениями, пока мало доступными нам, — это одно; если же более существенным является нарушение соотношения между органами, в которое, пожалуй, мы в общем можем вмешиваться, — это другое. Вероятно, в конечном счете мы придем к выводу о значении обоих факторов, но удельный вес их определить пока еще трудно.

Имеется серьезное косвенное подтверждение мутационной теории старения: у различных животных, даже разных типов, наблюдаются более или менее сходные темпы мутирования. Это значит, что за одно поколение у самых разных видов возникает более или менее близкий процент новых мутаций, скажем, на миллион особей. Разница в числе мутаций за поколение у дрозофилы и человека вряд ли больше, чем на один порядок. Но ведь надо иметь в виду, что поколения-то весьма разные по своей длительности: у дрозофилы за 15 дней проходит полный цикл жизни, у мыши — за 3 года, а у человека — за 50–80 лет. Значит, за то короткое время, которое живет дрозофила, у нее произошло столько же мутаций, сколько у мыши за время, в 60–70 раз более длительное. Таким образом, мы видим, что, чем интенсивнее мутационный процесс, тем короче жизнь животных, или,

иначе говоря, имеется прямая связь между способностью к мутациям и коротколетием животных.

Это как будто серьезно подтверждает мутационную теорию старения. Но тут возникает встречный вопрос: предположим, что какой-то основной процесс лежит в фундаменте старения. Но ведь мы в известной мере можем задерживать старение и даже, пусть по внешним признакам, на некоторое время направлять процесс в обратную сторону. Так, например, переливание крови, которое производилось с целью омоложения или оздоровления организма, не только увеличивало его силы, что вполне понятно, но и улучшало гибкость хрусталика, его пластичность, теряющуюся, как известно, с возрастом (так называемая «старческая дальнозоркость», или «пресбиопия»). Несомненно, что от переливания крови нельзя было ожидать уменьшения в хрусталике уже возникших неблагоприятных мутаций, происшедших за предыдущий период жизни. Значит, здесь сыграло роль что-то другое. Кажется наиболее вероятным, что первичные процессы, если бы действовали только они, привели бы организм к гибели значительно позже, чем те реальные процессы ослабления тканей и органов, которые мы наблюдаем в действительности.

И тогда представляется довольно законным введение в теорию старения представлений о нарастающей разрегулировке. Действительно, если переливание крови или тканевая терапия, временно мобилизующие функции тканей и органов, в какой-то мере возвращают их к прежней работоспособности, это может означать, что они позволяют вернуться к прежнему состоянию регуляции. Если, например, дело в мутациях, то ткань по составу улучшиться принципиально не может. Но при временном улучшении условий органы могут несколько усилить свою деятельность за счет неиспользуемых резервов, которые закрыла для них плохая регуляция. Активизируя свою деятельность, они предоставляют возможность к повышению деятельности и других тканей, и процесс, который был основан на постепенном взаимном угнетении, начавшийся с первичной, наиболее пострадавшей ткани, может пойти в какой-то мере в обратном направлении. Короче говоря, в реальном старении ослабление деятельности одной ткани дает толчок лавинообразному процессу, о котором говорили Н. А. Белов и А. А. Богданов и который далеко обгоняет по своему эффекту первичную дегградацию, вызванную, например, инактивацией хромосомной материи.

С этой точки зрения борьба со старением может идти двумя путями. Во-первых, — путем поисков наиболее пострадавшей ткани, которая дает первые толчки к ослаблению

организма вследствие своей деградации. И во-вторых, путем поисков и исправления тех регулятивных механизмов, которые разлаживаются этим первичным влиянием.

Приведем простой житейский пример. У человека пострадали ноги. В прежнее время, и особенно в бедных слоях населения, такой человек становился не только инвалидом, но зачастую мог перейти на сидячий образ жизни, если это было возможно. В результате сидячей жизни развивались вторичные нарушения, связанные с потерей тренировки. В конце концов организм страдал гораздо больше, чем только от самой потери конечностей, так как в нем начинали разлаживаться физиологические процессы, которые в здоровом организме всегда опираются на мышечную деятельность, на нормальный обмен и т. д. Точно так же в системе организма ослабление какой-либо одной функции само по себе может еще не дать большого эффекта, не привести организм к гибели, поскольку данная ткань или данная функция еще достаточно сильны, чтобы противостоять неблагоприятным влияниям среды. Но, ослабивши другие функции, для которых первая функция необходима как предпосылка, она будет страдать сама опять, так как и она, в свою очередь, зависит от этих функций. Получается порочный круг. Лавина катится все дальше под гору.

С этой точки зрения, выяснивши первичные источники ослабления организма, наиболее ранимое звено, возможно попытаться компенсировать его недостаточность извне. Если не хватает какого-либо вещества в организме — вводить его, если это избыток каких-то продуктов обмена — постараться их вывести, если это недостаточность регуляции — попытаться искусственно регулировать остальные функции и т. д. В подобных случаях мы не ликвидируем основную причину старения, но устраним то, что можно назвать вторичным старением, и, может быть, надолго задержим возрастную деградацию организма.

В связи с вопросом о первичной причине возникает другая проблема — как ее отыскать. Путь здесь может быть сходным с тем, который мы описали для отыскания причин, создавших определенные типы конституций человеческого организма. Мы знаем различные признаки старения; это седина, падение эластичности кожи, ослабление мышц, склеротические изменения сосудов, падение пластичности хрусталика, уменьшение продуктивности многих тканей, гибель и уменьшение численности клеток мозга и т. д.

Все признаки имеют какую-то общую причину, и первая задача — сгруппировать их так, чтобы найти непосредственную причину этих изменений. Таким образом, мы в принципе

можем дойти до каких-то более глубоких источников, наблюдаемых нами поверхностных изменений, а затем попытаться выяснить общие причины, вызывающие их одновременно. Но этот путь сложен, так как в цепи слишком много неизвестных звеньев. Может быть, более эффективным будет изучение признаков, наиболее отражающих возраст человека. Например, одна из серьезных и тяжелых причин старческих изменений — склероз сосудов. Однако известны случаи, когда склероз развивался чрезвычайно медленно, а старение все же нарастало. Так, утверждают, что Томас Парр, умерший в возрасте 132 лет, которого вскрывал знаменитый Гарвей, обладал мало склерозированными сосудами, несмотря на свой возраст. Специалисты, изучавшие мозг известного физиолога И. П. Павлова, умершего в возрасте 86 лет, отмечали, что склероз мозга у него совершенно не соответствовал его возрасту и был приблизительно такой, какой наблюдается обычно у сорокалетних людей. Значит, склероз сосудов, хотя и играет большую роль в гибели пожилых людей, не является первоочередным в процессе старения и даже не так уж сильно связан с вторичными процессами. Простое изучение корреляции между паспортным возрастом и отдельными признаками старения, вероятно, может нам дать указание на то, какие признаки непосредственно связаны с первопричиной старения, и облегчить успех ее изучения, а значит — и борьбу с ней.

Тогда мы могли бы, с одной стороны, начать борьбу с этой причиной, а с другой — борьбу с теми влияниями, которые она оказывает на иные ткани, и в корне предупредить вторичное старение других систем организма.

Это, конечно, лишь программа действия. Можно предполагать, что наиболее уязвимой является нервная система, а может быть, система некоторых эндокринных органов, поскольку первая, как известно, не обладает способностью восстанавливать свои клетки и возмещать убыль, происходящую в них, а среди вторых, возможно, что уже небольшое уменьшение активности приведет к падению продукции гормонов, являющихся необходимым условием жизни других тканей. Но и то, и другое в значительной степени может быть нейтрализовано, если мы знаем источник, снижающий деятельность других систем организма. Наша задача была бы тогда, наряду с основной борьбой за замедление процессов первичного старения, воспрепятствовать развитию вторично вызванного им лавинообразного процесса, который ведет к нарушению долголетия человека, может быть, еще в большей степени, чем сама первичная причина. Для этого можно было бы, например, восполнять («протезировать») некоторые вторично

упавшие функции, чтобы они не усиливали разрегулировку организма и тем самым не углубляли бы процессов старения.

Проблема старения тесно соприкасается с интереснейшими областями биологии — с учением о витаминах и с эндокринологией. Теоретически эти области физиологии играют большую роль при анализе процессов старения и практически их используют в борьбе со старческим увяданием.

С теоретической точки зрения очень интересно сравнить эти часто сопоставляющиеся между собой явления: влияние гормонов и витаминов на организм. Многие исследователи пишут, что гормон — это своего рода витамин внутреннего происхождения, который организм вырабатывает сам, а витамин это гормон, получаемый организмом извне. Внешне это кажется убедительной аналогией: и те, и другие нужны для развития, для нормальной работы организма; и те и другие активные вещества сложного строения⁹⁾ и действуют в крайне малых дозах. Приводят примеры, где как будто бы одно и то же вещество в одних случаях является своего рода витамином, а в других — гормоном. Например, для морских свинок, обезьян и даже для человека присутствие витамина С в пище необходимо, ибо без него у них развивается авитаминоз. Другие животные, например крысы, могут обходиться без витамина С, получаемого извне, так как их организм сам может его вырабатывать. Объясняется это тем, что предки человека, а также современные обезьяны и предки лабораторных морских свинок жили в южных районах, где всегда имелся корм, богатый витамином, и организму незачем было обременять себя излишком биохимической работы по его синтезу. Напротив, животные севера, где растительной пищи в течение полугода найти почти нельзя, выработали способность синтеза этого витамина. И все же витамин С с трудом можно причислить к гормонам: он не похож по действию на них. Типичные витамины, в том числе и витамин С, обладают рядом особенностей, не сходных с действием гормонов. Например, под влиянием полового гормона развиваются самые разнообразные признаки, типичные для данного пола, — форма тела, функции (у высших животных — отделение молока), особенности поведения, характерные для данного пола в период ухода за детенышами и т. д. Все эти функции и особенности служат одной единственной цели — размножению.

⁹⁾ См. Хохлов А. С., Овчинников Ю. А. Химические регуляторы биологических процессов. М.: Знание, 1969.

Типичный же витамин А влияет одновременно на рост, на сопротивление инфекциям, на зрение. И мы сразу видим разницу: витамин действует на функции, не связанные между собой так тесно, но служащие непосредственно одной цели. Ростовой гормон гипофиза влияет на процессы роста, но эти процессы роста подчинены определенной закономерности. Например, у человека конечности растут быстрее, чем туловище, туловище — скорее, чем голова, кости и мышцы — скорее, чем внутренние органы и т. д. Короче говоря, происходит закономерное изменение пропорций, которое позволяет ребенку, приспособленному сначала к жизни под опекой родителей, превратиться во взрослого организм с пропорциями и органами, приспособленными к самостоятельной жизни. И здесь разнообразное действие гормона на разные органы служит одной задаче, координирует и гармонически управляет ими. Гормон щитовидной железы у головастика также координированно приспособляет его к переходу на сушу. Если бы не было этой координации, то он мог бы потерять жабры раньше, чем развились конечности и легкие. Но развитие всех этих признаков согласовано во времени, благодаря вмешательству гормона. Он как бы дает команду — и происходит одновременное изменение всех органов, так что организм, не страдая, переходит к новому образу жизни. У человека и высших животных гормон щитовидной железы играет аналогичную роль, хотя и менее заметную, повышая дифференциацию тканей и органов и увеличивая активность нервной системы. Адреналин — один из гормонов надпочечника — планомерно мобилизует весь организм для интенсивной работы: обостряет зрение, увеличивает работоспособность мышц и сердца, повышает нервную деятельность. Он является тем рычагом, который включает весь организм на случай борьбы, бегства или какой-либо другой экстренной мобилизации сил. Другие гормоны увеличивают способность к защите от инфекции или, наоборот, умеряют чрезмерную воспалительную реакцию и т. д. Словом, за немногими исключениями, гормоны являются орудиями организации, объединяющими однородные функции. Гормоны ценны именно своей организующей ролью, хотя без некоторых из них многие функции организма, может быть, могли бы обойтись. Витамины, напротив, необходимы организму, и организм просто без них не может обойтись. Но затрагивают они функции, зачастую непосредственно не связанные между собой.

Есть и другие различия между витаминами и гормонами. Недостаток большинства гормонов и витаминов вызывает

тяжелые нарушения в организме. Но если имеется даже небольшой избыток гормонов, то происходит противоположное нарушение: или излишний рост от гормона гипофиза, или излишняя возбудимость от гормона щитовидной железы и т. д. При небольшом же избытке витамина такие нарушения обычно не происходят. Для их проявления нужно уже не удвоение порции, как у гормонов, а увеличение в десятки, а иногда и в тысячи раз. Схематически эта разница показана на рис. 4. Такая разница понятна, ведь гормон вырабатывает сам организм, а витамин он получает извне. Ему пришлось приспособиться к возможному избытку витаминов в пище, и он или откладывает их в запас, или разрушает, или не реагирует на их избыток. Гормоны, напротив, зависят от собственной активности организма. Он сам регулирует их производство. Ему даже выгоднее, чтобы в тех случаях, когда необходимо повышение каких-то функций, зависящих от гормонов, этого можно было бы добиться достаточно экономно, — небольшим избытком гормонов. Поэтому кривая зависимости функций от гормонов ближе к прямолинейной, как показано на рисунке.



Рис. 4.

Таким образом, разница между гормонами и витаминами оказывается очень существенной. Витамины — это вещества, избыток которых организм переносит сравнительно легко, реагирует на него очень замедленно, лишь на очень большие дозы. Для функций клеток гормоны иногда могут быть и не необходимы, но они нужны организму в целом: они координируют, связывают воедино признаки, которые служат одной определенной цели. Витамин — необходимый строительный материал, а гормоны — преимущественно сигналы для управления и включения иногда самых различных органов, но служащих в данный момент одной задаче.

К этим выводам приводит простое сравнение общего характера кривых действия витаминов и гормонов и приспособительных особенностей тех признаков, на которые действует отдельный гормон или отдельный витамин. Для гормонов характерно главным образом включение органов, служащих одной цели, а для витаминов — сравнительно случайный подбор стимулируемых функций, поскольку их значение здесь зависит от необходимости в механизме этих функций, а не от приспособительной роли органов.

Конечно, когда мы говорим о кривых действия и о согласованности с основной задачей, это верно в грубом приближении. Сказанное выявляет различия витаминов и гормонов лишь в общем виде, от которого могут быть небольшие отклонения. Витамин С может все же производиться некоторыми видами животных и этим несколько приближается к гормонам. Но мы не видим там «целеустремленности» его действия, нет, видимо, и особой железы (как у гормонов), вырабатывающей его.

Гормон парашитовидных желез кос в чем напоминает витамины — он действует на очень разные функции: на прочность кости, на нервную возбудимость и т. д. Но его вырабатывает специальный орган, а при его избытке кривая действия, сколько можно судить, приближается к кривой действия других гормонов.

Но это — частичные отклонения от общего правила. А правило выработалось в эволюции организмов. И как всякое правило, оно имеет не только теоретический интерес.

Мы здесь затронули только некоторые проблемы, пути к разрешению которых намечаются в теоретической биологии. Но таких проблем очень много и часто самых актуальных. Уже проблема долголетия, как мы видели, требует широкого синтетического подхода, невозможного без развития теоретических принципов в биологии.

Огромной задачей является создание теории развития сложного организма из относительно (лишь относительно!) простой оплодотворенной клетки, организма целостного на основе набора сравнительно свободно комбинирующих факторов. Это задача и чисто практическая, поскольку ее решение позволило бы предотвратить неправильное развитие человеческого организма и рождение детей с врожденными недостатками и дефектами. А по американским данным процент таких новорожденных быстро растет.

Но, может быть, самой неотложной задачей является создание теории взаимоотношения видов животных и растений в сложных природных сообществах-биоценозах. Отношения

их при огромном числе видов крайне запутаны, и человечество постоянно совершает ошибки, вторгаясь в эти стихии, сложившиеся природные системы. Уничтожая вредных насекомых, мы нередко неожиданно нарушаем жизнь полезных животных. Ввоз полезных животных (например, кроликов в Австралию в прошлом столетии), благодаря их неуправляемому размножению может стать настоящим стихийным бедствием. Если при создании искусственных водоемов не учитываются все условия, они зарастают водорослями, и их вода оказывается непригодной для питья.

Сейчас, когда технические возможности человечества необычайно возросли, возросла и опасность ошибок вплоть до таких, которые заставляют некоторых авторов говорить об угрозе гибели природы (*Дорст Ж.* Пока не умерла природа. М.: Прогресс, 1968).

Решить эти задачи не под силу одной экспериментальной науке. Только создание широких принципиальных обобщений может дать здесь выход.

Теория и эксперимент в биологии

Теория в любой науке, естественно, определяет постановку экспериментальных исследований, их содержание. Уже изложенные выше некоторые соображения, ставящие новые проблемы, этим самым неизбежно определяют и новое содержание экспериментальных исследований.

Теоретическое направление в науке отражается и на форме, и на методах наблюдений и экспериментов. Применение в естественных науках математической статистики позволило разработать, исходя из предварительных данных, принципы расчета оптимального объема эксперимента, соотношение контрольных и подопытных групп и методы обработки полученных данных, с тем чтобы извлечь из них максимальную информацию.

Вместе с тем, в биологии есть некоторые специфические условия, несколько отличающие требования к эксперименту от условий в других науках.

Сложность биологических систем и их высокая реактивность ведет к тому, что многие исследования могут дать неточные сведения, если не учитывать обратной реакции организма на необычные для них экспериментальные воздействия. Так, наиболее подвижные собаки, сангвиники, в опытах И. П. Павлова в монотонной обстановке опыта часто засыпали, когда менее активные вели себя обычным образом. Это исказило бы возможные выводы из эксперимента, если бы ему не предшествовали многие другие исследования.

Изучение внутриглазного давления производится с помощью установки небольших грузиков на глаз и анализа степени сплющивания прилегающей части глаза. Когда исследовали так различие внутриглазного давления у нормальных и близоруких глаз, установили, что у вторых оно ниже. Однако косвенные данные говорили об обратном. При пересчетах с участием нескольких грузиков разного веса оказалось, что, действительно, внутриглазное давление у близоруких в обычном состоянии выше, но они реагируют уже на легкое давление груза снижением внутриглазного давления. Ошибка была обусловлена разной реактивностью нормальных и близоруких глаз в условиях эксперимента. Исправление ошибки позволило приблизиться к пониманию механизмов развития близорукости. Таких примеров можно было бы привести много.

Поэтому эксперимент в биологии должен болсе, чем где-либо, учитывать и вторичную реакцию объекта на самый эксперимент. Это представляет некоторую аналогию с экспериментами в физике элементарных частиц. Но там частицы меняют поведение под влиянием приборов в силу предельно малых размеров. Биологические же системы своеобразно отвечают на условия эксперимента вследствие своей сложности и активной реакции (не всегда нам заранее известной) на любые внешние воздействия.

Сложность биологических систем, может быть, более, чем в других областях знания, делает ценными («информативными» и одновременно экономными) комплексные методы их исследования. Приведем один простейший пример. Однажды исследовали вещества, стимулирующие защитные силы организма у близоруких. Обнаружили, что при высокой близорукости они вызывают значительный лечебный результат: улучшалась острота зрения, рассасывались кровоизлияния на дне глаза, уменьшалось в размерах так называемое «слепое пятно». При обычных измерениях у близоруких внутриглазное давление понижено, а под действием лечения оно нормализовалось. Исследователь, убедившись, что отдельные показатели становятся лучше, и сделав правильный вывод, что вещество помогает при тяжелой близорукости, на этом и остановился. А ведь было бы очень интересно проследить — у разных людей или у одного и того же человека происходят эти улучшения? Может быть, эти улучшения происходили у одних больных, а на других лечение не действовало совсем? Тогда возник бы вопрос о двух формах заболевания, из которых одну можно лечить таким путем, а другую практически нельзя. Могло быть и иначе: что улучшения происходили у всех больных, но по-разному.

Тогда могло оказаться, например, что улучшение внутриглазного давления, как правило, сопровождается уменьшением слепого пятна и никак не связано с рассасыванием кровоизлияний (которого при этом могло не быть). Тогда мы сказали бы, что слепое пятно зависит от внутриглазного давления, и установили бы новую закономерность в развитии этого глазного заболевания. А кровоизлияние, например, связано с чем-то другим, что тоже развивается при повышенной близорукости, но от давления мало зависит.

Следовательно, из этого материала при сопоставлении всех показателей можно было бы сделать очень много ценных выводов. Но исследователь сделал только один, хотя и важный вывод. Значит, кому-то другому придется опять отыскивать подходящих больных, проводить все измерения, делать расчеты. Таким образом, увеличился непроизводительный объем работы, а исследователь не извлек из эксперимента всей пользы для науки. Гораздо выгоднее, изучая какое-нибудь воздействие, исследовать одновременно как можно больше различных показателей, конечно, по возможности, заранее выбрав наиболее важные и взаимосвязанные. Если мы воздействуем, например, каким-либо гормоном на животное и изучаем его рост, мы узнаем один факт: влияние гормона на рост. Измерив пропорции, мы узнаем три факта: влияние на рост, на пропорции и в какой-то мере связь между ростом и пропорциями. Прибавим к этому еще один показатель, например, скорость обмена веществ, и мы узнаем шесть фактов, ибо к прежним трем мы прибавим влияние на скорость обмена, а также связь скорости обмена с ростом и с изменением пропорций. Затраты на исследование возрастут при этом сравнительно мало, а результат возрастает в несколько раз. Его нетрудно рассчитать для этого простейшего случая. Если учитывать только количество изменений и возможных парных отношений между ними, то число изученных показателей (включая попарные взаимоотношения) будет равно числу измеренных показателей (n), умноженному на то же число, плюс 1 и деленному на 2:

$$\frac{n(n+1)}{2}.$$

Так, в нашем примере, когда измеряли один признак, то результат был один:

$$\frac{1 \cdot 2}{2} = 1.$$

Когда было два показателя, то

$$\frac{2 \cdot 3}{2} = 3.$$

Когда было три показателя, то

$$\frac{3 \cdot 4}{2} = 6.$$

При этом часто исследования даже трудно восполнить повторениями, когда один ученый изучает одни показатели, а другой — другие. Ведь они не могут при этом учесть взаимоотношения между показателями. Если один изучает влияние гормона на обмен, а другой — влияние гормона на рост, то третьему еще надо изучать отдельно связь роста и обмена.

Конечно, это только схема: связь роста и обмена под влиянием гормона может быть одной, а под влиянием иных воздействий — другой, но каждая форма связей дает нам нечто для познания развития и жизни организма. Мы довольно часто не шадим своих трудов в экспериментальной работе и проявляем непростительную лень, отказываясь заранее несколько часов потратить на продумывание эксперимента.

Теоретические предпосылки очень существенны не только для содержания, но и для формы и методов эксперимента.

Даже очень элементарные теоретические соображения могут помочь экспериментатору избежать многих ошибок и, с другой стороны, наиболее эффективно поставить эксперимент.

Дальнейшие пути теоретической биологии (теория биологических систем)

Какими же путями будет развиваться в дальнейшем теоретическая биология? Некоторые черты этого будущего вырисовываются сравнительно отчетливо. В основе теоретической биологии лежат самые разные методы: сравнительный, общелогический и математический и другие, которые, сливаясь, постепенно создавали это новое направление. Но все основные большие теории в биологии, даже в тех случаях, когда в одних из них значительный удельный вес занимают математические методы, в других — сравнительные и т. д., все же имеют в себе нечто общее. Мы уже говорили об общности таких разных больших теоретических направлений, как дарвиновское и павловское. В обоих случаях основным была новая постановка вопроса,

и в обоих случаях развитие отчасти облегчалось или подтверждалось иллюстрациями из другой области, своего рода моделированием. И Ч. Дарвин, и И. П. Павлов посмотрели на явления с новой точки зрения, с позиций объективного рассмотрения вопроса и сопоставления различных сторон предмета. Ч. Дарвин сопоставлял размножаемость, наследственность и изменчивость с выводом о естественном отборе. И. П. Павлов сопоставлял врожденную реакцию, нейтральные раздражители и выработку новой формы поведения и создал свою теорию условных рефлексов, а затем и второй сигнальной системы. Оба оставили за скобками много неизвестных явлений, которые они и не стремились (да это было и невозможно) выяснить. Дарвин не мог установить природу наследственной передачи и изменчивости, но считался с ними как с фактом. Павлов не знал ни природы торможения и возбуждения, ни механизма заключения условных связей, но также взял эти явления за основу и смог построить стройную теорию, которая не колеблется от того, какие механизмы будут вложены при дальнейшем исследовании в эти понятия. Они решали как бы алгебраическую задачу, где, например, $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$, независимо от того, как исчисляются числа под подразумеваются под символами. А изучение механизма изменчивости, наследственности или способов образования условных рефлексов — это уже задачи дальнейшего исследования. Их вскрытие может повлиять на многое в наших знаниях, но оно уже не изменит основной открытой закономерности.

И такой подход не случаен. Биология, как мы уже не раз отмечали, — очень сложная наука. В ней много переплетающихся между собой фактов, подчас для нас не известных. Количественные показатели в ней очень изменчивы. И в то же время основные явления и закономерности обладают большой устойчивостью. Естественно, что задачей теоретической биологии и является выяснение таких основных закономерностей, оставляя за скобками то изменчивое, частью даже неизвестное, что уже не окажет влияния на основные принципы и вскрытые закономерности. Именно поэтому так продуктивны были подходы Дарвина и Павлова, придерживавшихся этих принципов.

Математика и кибернетика вносят свою лепту в развитие теоретической биологии также в максимально отвлеченной «сверхалгебраической» форме. Наибольшие достижения здесь касаются не вычисления каких-нибудь величин, а создания того, что называется математическими моделями, с очень широкими границами изменчивости для входящих величин.

Это мы видели в теории Вито Вольтерра и на примере оптимальной структуры популяции, развитой А. Н. Колмогоровым. В обратных связях для биологии существенным является не размер влияния одного органа на другой, а направление воздействия. Если два органа друг друга стимулируют (положительная обратная связь), развитие явлений идет одним путем; и другим, если один стимулирует второй, а второй, напротив, его угнетает. Только потом, при детализации, можно в ряде случаев учесть количественные моменты. Они, конечно, могут быть очень ценными, особенно там, где дело идет о практическом применении открытых закономерностей, но эта детализация не так часто приносит что-либо принципиально новое.

Что же это за научные направления, где ставятся вопросы о типах взаимодействий, об основных движущих силах явлений без их детализации, о системах элементов иногда и без детальной характеристики самих элементов? В настоящее время это направление пробивает себе дорогу под рядом названий: общая теория систем, учение о биологических структурах, биокибернетика. Оно изучает взаимодействие в организмах и рассматривает не отдельные клетки, ткани, виды или биохимические процессы, а их связи.

Вспомним то, что мы говорили вначале об общности плана строения таких разных животных, как мышь и кит. Разница в весе — в 10 млн раз, среда обитания совершенно различная, внешняя форма — тоже. Различаются в количественном отношении почти все процессы в организме, и все-таки план строения настолько общий, что их справедливо относят к одному классу млекопитающих. План строения настолько способствует приспособлению, что обеспечивает их жизнеспособность в чрезвычайно различных условиях и с очень разными количественными и частью качественными показателями. План строения и структура системы, начинают, по-видимому, становиться центральной проблемой теоретической биологии.

Известный английский биолог Джозеф Нидхэм писал, что каждая биологическая система в своем строении характеризуется тремя вещами: элементами, из которых она построена (их качеством), количеством элементов и той структурой, в которую они складываются. Если сравнить эту систему со зданием, то это — качество кирпичей, их количество и та архитектура, тот план, по которому построено здание. Вот этот-то план и является центральным вопросом теоретической биологии, конечно, не биологии вообще. Для общей биологии важно знать и детальные особенности кирпичей,

то есть то, чем занимается молекулярная биология, а также и ряд других вопросов, включая в первую очередь количественные моменты. Но центральным для теоретической биологии становится вопрос архитектуры, вопрос строения системы. Мы говорили уже, что линейное расположение генов полезно для эволюции, ибо они могут свободно комбинироваться, перетасовываться и подвергаться отбору в любой комбинации. С этой же точки зрения понятно и то, что лучше, когда гены действуют сравнительно узко — каждый ген на небольшое количество признаков. Если бы он действовал на многие признаки, они наследовались бы обязательно вместе и не могли бы комбинироваться, что ограничивало бы процесс отбора. Поэтому то, что ставилось когда-то в упрек генетике, — представление о «корпускулярном» строении наследственного аппарата — вполне естественно приспособление к отбору. Но интересно, что и И. П. Павлову некоторые зарубежные физиологи ставили почти подобный же упрек. Они говорили, что он развивает «корпускулярную» теорию поведения, где отдельные рефлексы ведут себя как независимые частички, свободно комбинируясь друг с другом. Теперь, обобщая эти две огромные теории — генетическую и рефлекторную, можно сказать, что их сходство не случайно, ведь речь идет о свободной перекладке кирпичей (генов или рефлексов). Только при таком условии можно строить из кирпичей различные здания.

Таким образом, корпускулярная система является наилучшим способом приспособления организма к неожиданным новым комбинациям разнообразных условий. В эволюции — это системы генов, в поведении — системы рефлексов. Если надо приспособиться к захватыванию разнообразных предметов, необходимо, чтобы отдельные части захватывающего органа двигались сравнительно независимо. И мы видим действительно самый совершенный орган, способный производить различные манипуляции с предметами: рука человека снабжена несколькими сравнительно независимо движущимися пальцами.

Это верно, когда речь идет о приспособлении к чему-то новому, неизвестному. Если же условия постоянны, то и организму выгодно иметь прочную связь элементов. Это экономнее, так как не требует запасных элементов и комбинаций и обеспечивает гораздо большие возможности повышения организации. Мы уже говорили, что когда головастики выходят на сушу и превращаются в лягушку, то его органы претерпевают изменения строго согласованно друг с другом. Если бы отпали жабры, но еще не появились

ноги, головастик оставался бы в воде и дыхание его было бы нарушено. Наличие хвоста, полезного в воде, на суше вредно. Словом, все превращение должно происходить как бы по единой команде. То же мы наблюдаем и в метаморфозе у насекомых: окуклившаяся гусеница превращается в бабочку, где одновременно развиваются совершенно новые органы. Новые функции в новой среде требуют строго согласованных, очень прочных и жестких связей. Как видно, даже такие далекие друг от друга животные, как амфибии (лягушки) и бабочки, по принципам своего развития оказываются схожими. Именно жесткие системы обычно обеспечивают подъем организации. В нашем организме жестко связаны и взаимно дополняют друг друга система кровообращения, снабжающая весь организм, с системой выделения, удаляющей ядовитые и балластные вещества, с центральной нервной системой, управляющей движениями и функциями организма, и т. д.

Если в корпускулярной системе может выпасть отдельное звено, иногда не повредив всей системе в целом, то здесь мы видим обратное: в системе с высокой, но жесткой организацией ослабление любой из ее подсистем приведет к ее общему упадку, так как она не может быть полностью компенсирована иной подсистемой. Как бы хорошо ни работало сердце, если ослаблены почки, организм будет отравляться; как бы хорошо ни работали почки, ослабление сердца может быть губельным для организма. Если в корпускулярных системах основной принцип — это комбинаторика и отбор, то здесь очень большую роль играет принцип слабого звена, которое отчасти определяет эффективность всей системы. Конечно, в организме имеются компенсирующие механизмы, исправляющие это положение, но чем жестче система, тем труднее его исправить¹⁰⁾.

Таким образом, для системы, если она построена по жесткому принципу, повышающему ее организацию, очень важно равномерное укрепление ее звеньев.

Из изложенных примеров видно, что можно изучать архитектуру или выражать структуру систем в очень общей, абстрактной форме. Выделенные два типа систем, крайне жестких и корпускулярных, являются, конечно, сравнительно простыми и в чистом виде встречаются редко. Но для решения каждого вопроса очень важно выяснить, с какого рода зависимостями — жесткими или статистическими (кор-

¹⁰⁾ Интересно, что принцип слабого звена является очень широким и применимым не только к биологическим системам. Уже давно принято говорить, что прочность цепи определяется прочностью самого слабого звена ее.

пускулярными) — мы имеем по преимуществу дело. Если бы эти принципы были сформулированы в биологии раньше, можно было бы избежать многих ошибок. Если бы физиологам и биологам был понятен смысл такого строения систем, не было бы ненужных дискуссий о генетике или о теории Павлова. Другой пример. Крупные ученые — Август Вейсман и Вильгельм Ру — считали, что целесообразное строение организма обязано не только тому, что происходит естественный отбор между организмами, но что этому помогает также отбор и внутри организма, между отдельными его частями. Однако при преимущественно жестком строении систем организма такой отбор, как правило, невозможен: ослабление одного элемента привело бы к ослаблению всей системы. Представления Вейсмана и Ру были отброшены потому, что не было обнаружено ничего подобного им в реальных живых системах. Но вопрос даже не возник бы, если бы в свое время были созданы ясные представления о типах систем.

В этой области, однако, мы еще находимся на первых этапах развития, и теория структур нуждается в очень точных и строгих формулировках. Казалось бы, что проще: если прочность организма зависит от самого слабого его звена, значит, наилучшим строением будет такое, когда все подсистемы организма развиты равномерно. Но это было бы грубой ошибкой. Организм — система активная и живет среди активных систем других организмов. Хищник нападает на жертву. Два сходных организма конкурируют между собой за пищу: кто раньше и полнее ее захватит. В этих условиях равномерность развития важна с «оборонительной» точки зрения, чтобы ничего не испортилось. Но есть и другая сторона: в борьбе с другими организмами, чтобы победить их в прямой борьбе или соревновании, очень выгодно разрушить какое-либо звено из их системы. Зайцу, чтобы спастись от волка, достаточно при прочих равных условиях лучше бегать. Как бы ни был силен волк, он не может применить свои преимущества, если, так сказать, «система его охоты», в которую необходимым звеном входит погоня за добычей, окажется разрушенной. Маленький паук каракурт может своим укусом убить крупное животное, которое без труда раздавило бы его, но которое не может сопротивляться его яду.

Таким образом, в активных системах наиболее важными являются два типа звеньев: наиболее слабое, определяющее нижний предел жизнеспособности, и наиболее сильное, обеспечивающее максимальную активность в борьбе с другими организмами. Зная это, можно высказать предположение, что эволюция, как правило, должна затрагивать именно эти два

направления, наиболее существенные для жизни вида, в то время как другие, тоже, конечно, важные, меньше должны подвергаться отбору.

Это нас приводит к вопросу о том, что такое организованная система. Под влиянием кибернетики и родственных ей дисциплин выработалось представление, что организованность системы обязана ее упорядоченности, и это в значительной степени правильно. И все же упорядоченность системы еще не означает ее организованности. Наиболее упорядоченной системой является та, сочетание элементов у которой является наименее вероятным. Так, например, кристалл более упорядочен, чем аморфная масса, здание более упорядочено, чем груды кирпичей и т. д.

Для измерения упорядоченности выработаны определенные меры — оценка «структурной негэнтропии». Так, если случайно разбросанные кирпичи не обладают никакой упорядоченностью, то сложенные в стену они уже упорядочены. Если стена положена в два кирпича и щели между кирпичами первого ряда не совпадают со щелями второго ряда, это будет менее упорядоченное расположение, чем если они совпадают. Ведь случайное совпадение здесь мало вероятно, а несовпадение — очень вероятно.

Но это как раз хорошо иллюстрирует, что наибольшая упорядоченность не всегда совпадает с наибольшей организованностью. Организованность означает наилучшее выполнение функций. Для стены это — прочность. Но ясно, что если щели первого ряда кирпичей совпадают со щелями второго (упорядоченность выше!), то прочность как раз будет меньше. Значит, упорядоченность нужна для организованности, но не наибольшая, а какая-то наилучшая, оптимальная. Это же мы видели на примере генов и рефлексов. Наибольшая упорядоченность была бы при прочной связи. Тогда системы были бы не гибкими и хуже исполняли бы свою задачу: гены — в эволюции, а рефлекторные реакции — в поведении. Определенная степень нарушения связей здесь полезна и повышает биологическую организованность системы.

Короче можно сказать так: организованные системы — частный случай особым образом упорядоченных систем. Понятие упорядоченности не связано прямо с действием системы, организованность — связана. Мы можем оценить упорядоченность системы в целом, не обращая внимания, в каком отношении и какого типа эта упорядоченность. А организованность оценивается всегда по отношению к определенной функции. Мы видели, что вид самоопыляющихся растений, хорошо организованный для размножения, хуже

организован для эволюции, чем растения перекрестники. Система, высоко развитая в одном отношении, может быть низко развита в другом.

Таким образом, организованность требует упорядоченности, но не всякой, а для каждого типа организации особой по форме и не самой высокой, а наилучшей для данного типа организации.

Можно ли при этих условиях выделить общие принципы организации биологических систем? Несомненно, можно, хотя разработка этих вопросов только началась.

Биологи давно и справедливо утверждали, что целое (организованное) по эффекту больше суммы частей. Это относится, впрочем, и к другим областям знания. Наполеон подчеркивал значение организованности в армии, говоря о том, что один французский солдат слабее арабского, но десять французов уже равны по силе десяти противникам, а сто — бесспорно сильнее ста врагов. В чем же дело? В простейшем случае это связано с тем, что при организации отрицательные стороны объединяющихся единиц сочетаются менее совершенно, чем положительные. Простой пример: одно и то же количество соли по-разному сопротивляется действию растворителя в зависимости от того — раздроблена соль на мелкие кристаллы или объединена в один большой. Большой труднее поддается растворению. Почему? Масса его такая же, как у суммы мелких. А поверхность, через которую действует растворитель (слабая, уязвимая сторона), — меньше, так как соединенные в одну массу мелкие частицы как бы взаимно нейтрализуют свои поверхности, прилегающие друг к другу.

То же имеет место, например, при переходе от одноклеточного организма к многоклеточному: уязвимая поверхностная часть относительно меньше, и внутренние клетки тела, освобожденные от функции защиты, могут полнее обеспечивать весь организм (в том числе и клетки покровов) необходимой энергией, химическими веществами и т. д.

Но это простейшая сторона вопроса. Способы объединения частей в единое биологическое целое должны быть различными в зависимости от функции. Мы видели, что для приспособления к новой, все меняющейся среде, лучше всего системы из отдельных сравнительно свободных элементов.

Напротив, в условиях постоянных или меняющихся лишь в жестких пределах выгоднее жесткая система. В живом организме, как мы видели, используются оба этих принципа, но для решения различных задач.

Мы здесь могли только немного затронуть вопрос о теории систем и структур для того, чтобы охарактеризовать это

направление, которое постепенно становится центральным в теоретической биологии.

В биологии и связанной с нею кибернетике эта необходимость в теории систем возникла раньше, чем в других науках, а возможности изучения оказались шире. Именно поэтому учение о системах является тем вкладом, который биология может внести в общий фонд широкой науки.

Живые организмы и их взаимоотношения обладают таким разнообразием форм, какого не знает ни одна из естественных наук; пока не знает его и техническая мысль человечества. Это уже привело к развитию бионики — к изучению приспособлений живых организмов для перенесения принципов строения этих приспособлений в технику. Всем известны аналогии радиолокации и эхолокации у летучих мышей, своеобразие покровов дельфинов, облегчающих им передвижение в водной среде (аналогичные пытаются применить к подводным лодкам). Изучаются методы узнавания зрительных образов с целью создания экономных читающих аппаратов и т. д. Но это только частные поиски.

Общие принципы могут быть внесены лишь исходя из широких биологических обобщений, когда они выходят по своей широте за рамки биологии. Мы уже упоминали некоторые из них. Врач Н. А. Белов уже в 1911 г. сформулировал в физиологии принцип отрицательной обратной связи, имеющий не только биологическое значение. То, что его не заметили вовремя, — частая судьба биологических открытий. Агрохимик Ю. Либих сформулировал «принцип слабого звена». Теория систем, заложенная в свое время под другими названиями биологами Н. А. Беловым и А. А. Богдановым, позже была развита биологом же Л. Бергаланфи. Само создание кибернетики, науки об управлении, явилось результатом обобщения данных биологии и техники. Но более широкое учение о системах, может быть, пока не столь эффективное, обещает дать не меньше, так как изучает не только управляющие, но все классы систем.

Уже принцип отбора, выйдя из биологии, широко применяется за ее пределами: отбор быстро распадающихся атомов при сохранении устойчивых, эволюция (с отбором) звездных систем и др. обязаны своей ясной формулировкой теории Ч. Дарвина. Но и в психологии творчества этот принцип обещает быть плодотворным. Еще К. А. Тимирязев указал, что творчество человека имеет много общего с творчеством природы: сначала обильное создание новых форм (мутаций, идей), а затем их жесткий отбор (гибель в борьбе за существование, устранение критикой). Крупнейший кибернетик

У. Р. Эшби в статье о «мыслящей» машине указывает на отбор решений как на основной механизм. Более или менее интенсивный отбор реакций человека (их общее или избирательное торможение) приводит к формированию тех или иных характерологических черт и т. д.

Как видно, в самых различных областях, от астрономии до психологии, «работают» представления, давно возникшие в биологии и касающиеся форм движения систем (отбор, обратная связь и пр.). Несомненно, что и другие, более новые представления, возникающие в биологической теории систем, также будут использованы в общей теории систем. Так, мы говорили, что организованность часто обусловлена тем, что отрицательные или уязвимые стороны частей при объединении их в систему «взаимно нейтрализуются», а важные, ценные для системы — суммируются. Применение этого принципа возможно не только в биологии, но, например, и в области психологии. Так, было бы очень интересно расшифровать, почему образуется яркое художественное впечатление от соединения различных элементов (слов, красок и т. д.), которые по отдельности такого впечатления не производят?

Одна из возможных гипотез может быть основана на описанном выше простейшем механизме организации. Рассмотрим какое-нибудь сравнение или метафору:

Седую гривой машет море.

Образ очень яркий: «седые» высокие валы катятся один за другим, напоминая взмахи гривы. Почему ни слово «грива», ни слово «волна» (которое здесь подразумевается) не производят и одной десятой того эффекта, который возникает от фразы в целом? Это можно понять, исходя из того, что каждое слово (каждый сигнал «второй сигнальной системы» по И. П. Павлову) — образование очень сложное. И. П. Павлов считал условнорефлекторные связи физиологическим механизмом того, что в психологии называют ассоциацией. Скажем, слово «волна» вызывает десятки ассоциаций. Маленькая волна — рябь; огромная, грозная — во время шторма на море; световая или радиоволна; волна народного гнева и др. Каждое значение слова дает что-то новое нашему чувству: рябь — безмятежность; радиоволна напоминает о технике; штормовая волна может вызвать чувство страха или, наоборот, ощущение мощи. И каждое воспоминание возбуждает иное чувство, имеет свой аромат. Но их слишком много, они все разные и, услышав слово «волна», человек не получит ничего определенного. Они несовместимы (гнев и безмятежность, восприятие от техни-

ческого приспособления и от волны женских волос), они гасят друг друга. То же со словом «грива» (льва, лошадиная, грива волос у человека и т. д.), хотя и в меньшей степени. И когда мы соединяем эти два «сигнала», то большая часть зрительных образов оказываются несовместимыми. И только один образ — высокой морской волны с пенистым гребнем совпадает с машущей седой гривой. Одним ударом отсекается все непохожее и остается конкретный (и поэтому связанный с ясной эмоцией) образ. Сложение частей (слов, понятий) позволяет добиться нового эффекта от их организации.

Представление о жестких и дискретных системах использовала И. Я. Матковская для объяснения различий между идеологией и общественной психологией. Словом, системные представления, возникающие в науке о жизни, часто могут быть применимы за пределами собственно биологии. Но все ли и везде? Это определяется типом систем. Там, где типы систем в разных областях сходны, такое применение возможно. Биология богаче по типам систем, чем мертвая («косная») природа. Но она беднее, чем более высокие формы, основанные на социальных формах движения (общество, психология, техника и т. д.). Так, в биологии есть «запрещенные» формы организации, которых без социальных форм движения, без предвидения, основанного на человеческом интеллекте, более низкие живые формы достигнуть не могли. Простое колесо (или винт), которое является одним из первых технических достижений человечества, не возникло в эволюции живых приспособлений природы, хотя иногда вращающаяся ось была бы полезна. Но естественному отбору она недоступна, так как он работает «по частям», складывая одну часть приспособления с другой. А здесь отдельные части не давали бы преимущества, пока не собраны вместе ось, подшипник, колесо или винт и движущийся аппарат. И только человеку доступно заранее спланировать и сразу соединить все части.

Эти (даже простые, а тем более сложные) типы организации уже выше биологического уровня. Но во всех областях знания играют роль и системы, имеющиеся в живом мире; их много и для них применимы общие принципы биологических систем. Но до сих пор это проникновение из биологии шло так же медленно, как и в самой биологии развивались эти новые абстрактные представления. Теперь при более быстром развитии теории систем можно ожидать, что это не только станет центральным направлением в теоретической биологии, но в какой-то мере даст новые методологические подходы и к задачам других естественных наук.

Рекомендуемая литература

1. *Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г.* Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности. М.: Знание, 1969.
2. *Лопашов Г. В.* Что лежит в основе развития организма. М.: Знание, 1968.
3. *Малиновский А. А.* Некоторые вопросы организации биологических систем // Организация и управление. М.: Наука, 1968.
4. *Фомин С. В.* Математика в биологии. М.: Знание, 1969.
5. *Шредингер Э.* Что такое жизнь с точки зрения физики? М.: Издательство иностранной литературы, 1947.

**НАУЧНЫЕ ТРУДЫ
А. А. МАТИНОВСКОГО**

Научные труды А. А. Малиновского***1939**

- а. Роль генетических и фенотипических явлений в эволюции вида. Ч. 1. Плейотропия // Известия АН СССР. Серия биологическая. 1939. № 4. С. 575–614.
- б. Выступление на совещании по вопросам генетики и селекции при редакции журнала «Под знаменем марксизма» // Малиновский А. А. Тектология. Теория систем. Теоретическая биология. М.: Эдиториал УРСС, 2000. С. 313–319.

1940

- а. Роль хромосомных инверсий в эволюции вида // Журнал общей биологии. 1940. Т. I. № 4. С. 565–596.
- б. Гомопластическая пересадка зубов у крысы // Доклады АН СССР. 1940. Т. XXVI. № 7. С. 730–732. (В соавторстве с Лапчинским А. Г.)
- б₁. То же на английском языке // Comptes rendus (Doklady) de l'Academie des sciences de l'URSS. 1940. Vol. XXVI. № 7. P. 722–724.
- в. Опыт гомопластической пересадки зубов у собак // Доклады АН СССР. 1940. Т. XXVIII. № 8. С. 751–754. (В соавторстве с Лапчинским А. Г.)
- в₁. То же на английском языке // Comptes rendus (Doklady) de l'Academie des sciences de l'URSS. 1940. Vol. XXVIII. № 8. P. 750–753.
- г. Замена зубов у собак путем гомопластической пересадки зубных зачатков // Доклады АН СССР. 1940. Т. XXIX. № 3. С. 269–272. (В соавторстве с Лапчинским А. Г.)
- г₁. То же на английском языке // Comptes rendus (Doklady) de l'Academie des sciences de l'URSS. 1940. Vol. XXIX. № 3. P. 268–271.

1941

- а. Закономерности наследственности в свете дарвиновского учения об отборе // Успехи современной биологии. 1941. Т. XIV. Вып. 1. С. 171–176.

1943

- а. Дальнейшие опыты замены утерянных зубов путем гомопластической пересадки зубных зачатков // Доклады АН СССР. 1943. Т. XLI. № 4. С. 188–190 и илл. на вкл. (В соавторстве с Лапчинским А. Г.)

* Публикуется впервые. Подготовлено В. С. Клебанером с учетом данных архивов семьи А. А. Малиновского, Украинского НИИ глазных болезней и тканевой терапии им. академика В. П. Филатова, Института системного анализа РАН и библиографических источников. — Прим. ред.

- a₁. То же на английском языке // *Comptes rendus (Doklady) de l'Academie des sciences l'URSS*. 1943. Vol. XLI. № 4. P. 178–180 and illustrations on inset.
- б. Д. П. Филатов (некролог) // *Журнал общей биологии*. 1943. Т. IV. № 3. С. 129–133. (В соавторстве с Поповым В. В.)

1945

- а. Физиологические источники корреляции в строении человеческого организма // *Журнал общей биологии*. 1945. Т. VI. № 4. С. 235–257.
- б. Физиологические источники корреляций в организме. 1935–1943 // *Рефераты работ учреждений Отделения биологических наук АН СССР за 1941–1943 гг.* М.—Л.: Издательство АН СССР, 1945. С. 291.
- в. Объединение полезных признаков в процессе естественного отбора. 1943 // *Рефераты работ учреждений Отделения биологических наук АН СССР за 1941–1943 гг.* М.—Л.: Издательство АН СССР, 1945. С. 291–292.
- г. Типы взаимодействия и их значение в организме. 1943 // *Рефераты работ учреждений Отделения биологических наук АН СССР за 1941–1943 гг.* М.—Л.: Издательство АН СССР, 1945. С. 292–293.

1946

- а. Строение и жизнь человеческого тела. М.: Гостехиздат, 1946. 72 с. (В последующие 12 лет книга выдержала 20 изданий, в том числе 15 — в СССР: на русском — 7, украинском, белорусском, узбекском — 2, таджикском, туркменском, латышском, литовском; и 5 — за рубежом: на болгарском [София, 1947], чешском [Прага, 1950], венгерском [Будапешт, 1950], польском [Варшава, 1950] и сербском [Белград, 1953] языках.)

1947

- а. Социальные и биологические факторы в происхождении расовых различий у человека // *Природа*. 1947. № 7. С. 40–48.
- б. Послесловие переводчика // *Шредингер Эрвин*. Что такое жизнь с точки зрения физики? Перевод с английского и послесловие А. А. Малиновского. М.: Государственное издательство иностранной литературы, 1947. С. 129–146.
- в. Хромосомные инверсии как фактор накопления эволюционных различий // *Рефераты научно-исследовательских работ Отделения биологических наук АН СССР за 1945 г.* М.: АН СССР, 1947. С. 283–285.
- г. Учет миграций в экспериментах в природе // *Рефераты научно-исследовательских работ Отделения биологических наук АН СССР за 1945 г.* М.: АН СССР, 1947. С. 285–286.
- д. Вид как эволюционное целое // *Рефераты научно-исследовательских работ Отделения биологических наук АН СССР за 1945 г.* М.: АН СССР, 1947. С. 286–287.

1948

- а. Элементарные корреляции и изменчивость человеческого организма // Труды института цитологии, гистологии и эмбриологии АН СССР. Т. 2. Вып. 1. М.: 1948. С. 136–198.

1952

- а. Организм человека и его жизнедеятельность. М.: Медгиз, 1952. 64 с. (Опубликовано также на киргизском языке [Фрунзе, 1956].)

1953

- а. Относительно критических замечаний проф. А. М. Заблудовского о тканевой терапии // Вестник хирургии им. И. И. Грекова. 1953. Т. 73. № 6. С. 53–59. (В соавторстве с Мучник С. Р., Войно-Ясенецким В. В.)

1954

- а. Исследование процессов возбуждения и торможения при «рефлекторной эпилепсии» у крыс. Сообщение I. Основные формы реакции и зависимость их от силы раздражения // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 1954. № 1. С. 18–22.

1955

- а. О некоторых принципиальных ошибках при изучении корреляционных связей между оптическими элементами глаза // Офтальмологический журнал. 1955. № 5. С. 274–282.
- б. Влияние тканевой терапии на процессы торможения и возбуждения в центральной нервной системе // Тезисы докладов юбилейной научной конференции, посвященной 80-летию академика В. П. Филатова. Одесса, 1955. С. 54–55.

1956

- а. К вопросу о классификации форм сферической рефракции // Офтальмологический журнал. 1956. № 1. С. 42–50.
- б. К вопросу о предпосылках развития прогрессирующей миопии // Офтальмологический журнал. 1956. № 4. С. 242–247. (В соавторстве со Скородинской В. В., Ролик Г. Д.)
- в. Некоторые вопросы изменчивости оптического аппарата глаза и проблема миопии // Тезисы докладов на III съезде глазных врачей УССР. Одесса, 1956. С. 113–115.
- г. Влияние тканевой терапии на процессы возбуждения и торможения в центральной нервной системе (доклад) // Труды юбилейной научной конференции, посвященной 80-летию академика В. П. Филатова (Одесса, 25–28 мая 1955 г.). Киев: Госмедиздат УССР, 1956. С. 154–159.
- д. Выступление по вопросам тканевой терапии и близорукости // Там же. С. 206–207.
- е. Выступление по вопросам глаукомы // Там же. С. 251–252.

ж. Близорукость // Здоровье. 1956. № 11. С. 12–13. (В соавторстве с академиком Филатовым В. П., Скородинской В. В.)

з. Экспериментальное направление в работах В. П. Филатова // Офтальмологический журнал. 1956. № 6. С. 353–355. (В соавторстве с Ковалевым И. Ф., Шульгиной Н. С., Янык Н. В.)

1957

а. Зависимость развития миопии от некоторых физиологических изменений в организме // Тезисы докладов Всесоюзной конференции офтальмологов (20–25 декабря 1954 г.). М.: Медгиз, 1957. С. 75–76.

1958

а. Об «анатомо-оптическом анализе» рефракции в работах проф. А. И. Дашевского // Офтальмологический журнал. 1958. № 5. С. 282–292.

б. Процессы возбуждения и торможения в центральной нервной системе при рефлекторной эпилепсии у крыс // Ученые записки Украинского НИИ глазных болезней и тканевой терапии им. академика В. П. Филатова. Т. 4. Киев: Госмедиздат УССР, 1958. С. 139–159.

в. Влияние тканевых подсадов на взаимоотношение торможения и возбуждения в центральной нервной системе у крыс // Там же. С. 160–175. (В соавторстве с Голубцевой М. В. и Шапошниковым В. И.)

г. К вопросу о математических методах изучения изменчивости оптического аппарата глаза // Проблемы физиологической оптики. Т. 12. М.—Л., 1958. С. 345–348.

д. Внутриглазное давление и развитие прогрессирующей близорукости // Тезисы межреспубликанской конференции офтальмологов Прибалтики и Белоруссии (Рига, 24–27 сентября 1958 г.). Рига, 1958. С. 91–93.

1959

а. Обратные связи в биологических, в частности в патологических системах // Тезисы докладов второго совещания по применению математических методов в биологии. Л.: ЛГУ, 1959. С. 28–29.

б. Некоторые применения математических методов в офтальмологии // Там же. С. 30–31.

в. Причины развития близорукости и значение изменений общего состояния организма // Тезисы докладов на межобластной научно-практической конференции офтальмологов. Николаев, 1959. С. 14–17.

г. Цвет и здоровье // Труд. 29 октября 1959.

- д. Классификация миопии в связи с происхождением различных ее форм // Тезисы докладов на научной сессии Украинского НИИ глазных болезней и тканевой терапии им. академика В. П. Филатова и республиканском совещании по организации борьбы с глаукомой (Одесса, 24–27 июня 1959 г.). Одесса, 1959. С. 14–15.
- е. Некоторые вопросы изменчивости оптического аппарата глаза и проблема миопии (доклад и заключительное слово по докладу) // Труды III съезда глазных врачей УССР (Одесса, 9–14 июля 1956 г.). Киев: Госмедиздат УССР, 1959. С. 313–317.
- ж. Рекомендации по профилактике и лечению школьной близорукости // Инструктивно-методические материалы по некоторым вопросам офтальмологии (в помощь практическому врачу—окулисту), № 3. Одесса, 1959. С. 11–17. (В соавторстве со Скородинской В. В.)
- з. Некоторые биологические предпосылки долголетия у млекопитающих и человека // Тезисы докладов конференции по проблемам долголетия. (Московское общество испытателей природы, 31 января—2 февраля 1959 г.). М., 1959. С. 7–8.
- и. Лечение близорукости (ответы на письма читателей) // Советско-китайская дружба. 1959. № 36. (В соавторстве с Кашинцевой Л. Т.)

1960

- а. Типы управляющих биологических систем и их приспособительное значение // Проблемы кибернетики. Вып. 4. М.: Физматгиз, 1960. С. 151–181.
- б. Сравнительные данные о влиянии тканевых подсадок и инъекций экстракта алоэ на некоторые процессы в ЦНС // Материалы Украинской конференции по применению тканевых препаратов по В. П. Филатову в животноводстве и ветеринарии (Одесса, 12–14 октября 1960 г.). Одесса, 1960. С. 21–22.
- в. Короткозорість. Науково-попул. нарис. Київ: Медвідавн, 1960. 36 с. (В соавторстве со Скородинской В. В.)
- г. Обратные связи в биологических, в частности в патологических системах // Применение математических методов в биологии. Сборник I. Л.: ЛГУ, 1960. С. 164–175.

1961

- а. О корреляциях близорукости у человека с анатомо-физиологическими особенностями его организма // Вопросы антропологии. Вып. 7. М.: Издательство МГУ, 1961. С. 66–76.
- б. Значение качественного изучения управляющих систем для теоретических вопросов биологии // Тезисы докладов третьего совещания по применению математических методов в биологии. Л.: ЛГУ, 1961. С. 45–48.

- в. Некоторые вопросы популяризации и преподавания математических методов биологам // Там же. С. 48–49.
- г. Некоторые физиологические предпосылки нормального зрения // Материалы II Всесоюзной конференции офтальмологов (Тбилиси, 10–14 октября 1961 г.). Тбилиси, 1961. С. 401–402.

1962

- а. Факторы, влияющие на развитие миопии, и их значение для профилактики близорукости // Тезисы докладов IV съезда офтальмологов УССР (Одесса, 2–5 октября 1962 г.). Одесса, 1962. С. 165–166.
- б. Сравнительные данные о влиянии тканевых подсадок и инъекций алоэ на некоторые процессы в центральной нервной системе // Тканевые препараты в животноводстве. Киев: Госсельхозиздат, 1962. С. 67–72.
- в. Некоторые физиологические корреляции при прогрессирующей миопии // Ученые записки Украинского НИИ глазных болезней и тканевой терапии им. академика В. П. Филатова. Т. 5. Киев: Госмедиздат УССР, 1962. С. 198–208.
- г. Некоторые биологические предпосылки долголетия у млекопитающих и человека // Проблемы долголетия. Труды Московского общества испытателей природы. Т. 6. Отдел биологический. Секция геронтологии. М.: Издательство АН СССР, 1962. С. 46–50.
- д. Некоторые биологические предпосылки долголетия у млекопитающих и человека // Проблемы медицинской географии. Доклады к 1-му научному совещанию по проблемам медицинской географии (Ленинград, 19–24 ноября 1962 г.). Л., 1962. С. 31–32.

1963

- а. Элементы художественной образности в свете павловского учения // Материалы симпозиума по комплексному изучению художественного творчества (тезисы и аннотации). Л., 1963. С. 18–19.
- б. Здесь возрождается зрение // Наука и техника. № 10. Рига, 1963. С. 5–7. (Опубликовано также на латышском языке.)
- в. Осада близорукости // Наука и жизнь. 1963. № 9. С. 65–68.

1964

- а. Факторы, влияющие на развитие миопии, и их значение для профилактики близорукости (доклад) // Труды IV съезда офтальмологов УССР. Киев: Здоров'я, 1964. С. 535–539.
- б. Выступление в прениях по программной теме «Предупреждение развития близорукости и лечение ее осложнений» // Там же. С. 598–599.
- в. Заключительное слово по докладу // Там же. С. 603.

- г. Значение качественного изучения управляющих систем для теоретических вопросов биологии // Применение математических методов в биологии. Сборник III. Л.: ЛГУ, 1964. С. 115–127.
- д. Близорукость и рахит // Педиатрия. 1964. № 4. С. 85–86. (В соавторстве с Усовым Н. И.)
- е. Typen biologischer Steuersysteme und ihre Aneignungsmöglichkeiten // Probleme der Kybernetik. Berlin: Akademie Verlag, 1964. (Издание работы [1960 а] на немецком языке.)

1965

- а. О связи некоторых географических условий с распространением близорукости // Охрана зрения детей и другие вопросы детской офтальмологии. Киев: Здоров'я, 1965. С. 5–14.
- б. К методике учета рефракций при массовых профилактических обследованиях школьников // Там же. С. 27–34.
- в. Исследования по этиологии и патогенезу миопии за 10 лет (1955–1965 гг.) в Украинском НИИ глазных болезней и тканевой терапии им. академика В. П. Филатова // Материалы научной конференции, посвященной 90-летию В. П. Филатова. Киев, 1965. С. 55–56. (В соавторстве с Филатовой-Скородинской В. В.)
- г. Экспериментальное исследование развития миопии у кроликов // Там же. С. 59. (В соавторстве со Збандут И. С., Ивченко Л. П.)
- д. Опыт структурного понимания некоторых психофизиологических корреляций // Проблемы исследования систем и структур. Материалы к конференции. М.: Издательство АН СССР, 1965. С. 225–227.

1966

- а. Близорукость! Как ее предупредить // Известия, 19 февраля 1966.
- б. Союз кибернетики и биологии // Электронные помощники врача / Проблемы биологической кибернетики. Серия VIII. М.: Знание, 1966. С. 6–14.
- в. Типи систем і основні біологічні закономірності // Організм як система. Київ: Наукова думка, 1966. С. 10–17. (В соавторстве с Уёмовым А. И.)

1967

- а. Маршруты биологии // Известия. 21 января 1967. (В соавторстве с академиком Семеновым Н. Н.)
- б. Организация // Философская энциклопедия. Т. 4. М.: Советская энциклопедия, 1967. С. 160–161. (В соавторстве с Боголеповым В. П.)

1968

- а. Кибернетика в биологии и медицине // Коммунист. 1968. № 1. С. 69–79. (В соавторстве с академиком Париным В. В., Геллером Е. С., Свинцицким В. С.)
- б. Некоторые вопросы организации биологических систем // Организация и управление (вопросы теории и практики). М.: Наука, 1968. С. 105–138.
- в. Biological Control systems and their Importance in Adaptation // Problems of Cybernetics. Oxford—London—N. Y.—Paris: Pergamon Press, 1968. (Издание работы [1960 а] на английском языке.)

1969

- а. Структурные пути изучения систем // Философские вопросы биокибернетики (материалы к симпозиуму). М.: АН СССР, 1969. С. 97–113.
- б. К вопросу о путях исследования условий творческого процесса // Научное творчество. М.: Наука, 1969. С. 281–290.
- в. Пути теоретической биологии. М.: Знание, 1969. 64 с.
- г. В. В. Сахаров (некролог) // Генетика. 1969. Т. V. № 2. С. 177–180. (В соавторстве с академиком Астауровым Б. Л., Андреевым В. С.)
- д. В. В. Сахаров (некролог) // Московская правда. 12 января 1969. (В соавторстве с 20 авторами.)
- е. Рецензия на книгу В. П. Эфроимсона «Введение в медицинскую генетику» (2-е изд. М.: Медицина, 1968) // Клиническая медицина. 1969. Т. XLVII. № 9. С. 154–156.
- ж. Некоторые черты биологии человека и антропология (автореферат доклада, прочитанного 24 апреля 1967 г.) // Доклады Московского общества испытателей природы за I полугодие 1967 г. Общая биология. М., 1969. С. 14–15.

1970

- а. Einiges Fragen der Orgznization Biologischer Systeme // Organization und Leitung (Fragen der Theorie und Praxis). Berlin: Akadcmie Verlag, 1970. (Издание работы [1968 б] на немецком языке.)
- б. Тектология // Философская энциклопедия. Т. 5. М.: Советская энциклопедия, 1970. С. 193.
- в. Общие вопросы строения систем и их значение для биологии // Проблемы методологии системных исследований. М.: Мысль, 1970. С. 146–183.
- г. Теория структур и ее место в системном подходе (доклад и ответы на вопросы) // Системные исследования. Ежегодник 1970. М.: Наука, 1970. С. 10–30.
- д. Определение понятия системы и системного подхода (участие в дискуссии) // Там же. С. 43, 46, 47.

- е. Проблема времени в биологических системах (участие в дискуссии) // Там же. С. 69.
- ж. Структурные уровни биологических систем (выступление) // Там же. С. 107–109.
- з. Богданов // БСЭ. 3-е изд. Т. 3. М.: Советская энциклопедия, 1970. С. 442–443.
- и. Некоторые возражения Эв. В. Ильенкову и А. И. Мещерякову // Природа. 1970. № 1. С. 92–95.
- к. Незавершенные идеи некоторых советских генетиков (из воспоминаний о докладах и дискуссиях) // Природа. 1970. № 2. С. 79–83.
- л. Генетика и патогенез массовой близорукости // Проблемы медицинской генетики. М.: Медицина, 1970. С. 458–476. (Опубликовано также на польском языке.)
- м. Преступность и генетика (Ответ на письмо в редакцию журнала «Природа») // Природа. 1970. № 7. С. 125–127.
- н. Каждый из нас иемножко гений // Литературная газета. 22 июля 1970.
- о. Выступление по проблеме «Генетика человека, ее философские и социально-этические аспекты» на обсуждении за «Круглым столом» в редакции журнала «Вопросы философии» // Вопросы философии. 1970. № 7. С. 112–114. (В обзоре И. К. Лисеева и А. Я. Шарова.)

1971

- а. Противоречия эволюционной и индивидуальной приспособленности // Философские проблемы эволюционной теории (материалы к симпозиуму). Ч. II. М.: Наука, 1971. С. 41–56.
- б. Некоторые теоретические проблемы клинической генетики // Материалы научной конференции по клинической генетике (Москва, 10–12 ноября 1971 г.). М., 1971. С. 6–8.
- в. Справочник по клинической генетике / Под ред. Л. О. Бадаляна. М.: Медицина, 1971. 248 с. (В соавторстве с 20 другими авторами.)

1972

- а. Плата за цивилизацию (близорукость)? // Литературная газета. 18 октября 1972.
- б. Общие особенности биологических уровней и чередование типов организации // Развитие концепции структурных уровней в биологии. М.: Наука, 1972. С. 271–277.
- в. Наука об организации и организация науки // Природа. 1972. № 3. С. 42–49. (С предисловием члена-корр. АН СССР Ляпунова А. А.)

- г. Одна из первых книг по экологии человека [О книге: Данилов Н. А. «Природа и наше здоровье» (М.: Мысль, 1971, 221 с.)] // Природа. 1972, № 6. С. 98–99. (В соавторстве с Алисовым Б. П., Смирновой Е. Д.)
- д. Размышления о судьбе науки [о книге: Вигнер Е. «Этюды о симметрии» (М.: Мир, 1971. 318 с.)] // Природа. 1972. № 9. С. 121–122.
- е. Предисловие к русскому изданию // Шредингер Эрвин. Что такое жизнь? С точки зрения физика / Перевод с английского А. А. Малиновского и Г. Г. Порошенко. 2-е изд. М.: Атомиздат, 1972. С. 5–10. (В соавторстве с Порошенко Г. Г.)

1973

- а. Механизмы формирования целостности систем // Системные исследования. Ежегодник 1973. М.: Наука, 1973. С. 52–62.
- б. Биология человека. М.: Знание, 1973, 64 с.
- в. Проблемы взаимоотношения биологических и социальных факторов // Философские проблемы биологии. М.: Наука, 1973. С. 156–164.
- г. Этические качества ученого и развитие науки. (Выступление в беседе на тему «Наука, этика, гуманизм» за «Круглым столом» в редакции журнала «Вопросы философии») // Вопросы философии. 1973. № 6. С. 42–43.
- д. Изучение эволюции на ЭВМ // Природа. 1973. № 7. С. 110–111.
- е. Ukierunkowanie strukturalne — centralny problem dalszego rozwoju teorii systemow (Referat wygloszony na XIII Miedzynarodowym Kongresie Historii Nauki) // Prakseologia. 1973. № 2 (46). С. 123–130. (Публикация на польском языке развернутого реферата выступления на XIII Международном конгрессе по истории науки. См. работу [1974 ж].)
- ж. Межвидовые корреляции у млекопитающих // Некоторые проблемы теории эволюции. Труды 2-го Московского государственного медицинского института. Т. 7. Вып. 2. М., 1973. С. 101–122. (В соавторстве с Корчагиным Н. В., Анфаловой Т. В., Дементьевой Е. С., Корчагиной М. В.)
- з. Определение пенетрантности рецессивных патогенных наследственных факторов // Методы исследований в клинической генетике. М., 1973. С. 5–6.
- и. Пути прогнозирования развития организмов // Проблемы молекулярной и клеточной патологии и фармакологии. М., 1973. С. 39–40.

1974

- а. Эффективность некоторых типов полужестких систем // Системные исследования. Ежегодник 1974. М.: Наука, 1974. С. 75–86. (В соавторстве со Смирновой Е. Д. и Швидченко Л. Г.)

- б. Случайность в эволюционном процессе и «недарвинская» эволюция // *Философия в современном мире. Философия и теория эволюции.* М., 1974. С. 103–113.
- в. Наследственность и здоровье детей (интервью) // *Семья и школа.* 1974. № 4. С. 40–41.
- г. Различие в применении коэффициентов отбора при некоторых формах борьбы за существование // *История и теория эволюционного учения: Вып. 2. Эволюционные взгляды И. И. Шмальгаузена (к 90-летию со дня рождения).* Л.: Институт истории естествознания и техники (ленинградское отделение), 1974. С. 101–106.
- д. Предпосылки новой теории [о книге: Оно С. «Генетические механизмы прогрессивной эволюции» (М.: Мир, 1973. 228 с.)] // *Природа.* 1974. № 6. С. 108–109.
- е. У истоков гелиобиологии [о книге: Чижевский А. Л. «Земное эхо солнечных бурь» (М.: Мысль, 1973. 350 с.)] // *Природа.* 1974. № 7. С. 120–122. (В соавторстве с Горшковым М. М.)
- ж. Структурное направление — центральная проблема развития теории систем // *Труды XIII Международного конгресса по истории науки (Москва, 18–24 августа 1971 г.). Секция IА.* М.: Наука, 1974. С. 106–108.

1975

- а. Математические и системные методы в биологии будущего // *Природа.* 1975. № 6. С. 83–86.
- б. Идеи С. Н. Давиденкова в свете современной биологии // *Природа.* 1975. № 8. С. 83–84.

1976

- а. Физиология и одаренность // *Природа.* 1976. № 9. С. 73–77.
- б. Д. П. Филатов (к 100-летию со дня рождения) // *Вестник Московского университета. Серия 6. Биология, почвоведение.* М.: 1976. № 5. С. 106–108. (В соавторстве с Поповым В. В. и Поповым Д. В.)
- в. Генетические маркеры крови и предрасположенность к заболеваниям // *Труды 2-го Московского государственного медицинского института. Т. 74. Вып. 5. Серия: Нервные болезни.* М., 1976. С. 98–101. (В соавторстве с Бубновым Ю. И. и Степановым А. М.)
- г. Эволюция и проблема продолжительности жизни // *Геронтология и гериатрия. Ежегодник 1975.* Киев, 1976. С. 39–44. (В соавторстве с Корчагиным Н. В.)

1977

- а. Роль обратных связей и системных изменений в развитии аутистического мышления шизофреников и шизоидов // Проблемы кибернетики. Вып. 32. М.: Наука, 1977. С. 203–223.
- б. Гетерозис по плодовитости и длительности жизни у *Drosophila melanogaster* // Генетика. 1977. Т. XIII. № 11. С. 1960–1965. (В соавторстве с Зиминой Л. Н. и Билевой Д. С.)
- в. Роль наследственных факторов в определении длительности жизни дрозофилы // Геронтология и гериатрия. Ежегодник 1977. Киев, 1977. С. 53–57. (В соавторстве с Билевой Д. С., Зиминой Л. Н.)
- г. Проблема соотношения социального и биологического // Биологическое и социальное в развитии человека. М.: 1977. С. 220–226.

1978

- а. Влияние генотипа и среды на длительность жизни *Drosophila melanogaster* // Генетика. 1978. Т. XIV. № 5. С. 848–852. (В соавторстве с Билевой Д. С. и Зиминой Л. Н.)

1979

- а. Некоторые проблемы теоретической биологии // Достижения современной биологии, их народнохозяйственное значение. М.: Знание, 1979. С. 51–62.
- б. Влияние наследственности и среды на организм [о книге: Никитюк Б. А. «Факторы роста и морфо-функционального созревания организма (анализ наследственных и средовых влияний на постнатальный онтогенез)». М.: Наука, 1978. 144 с.] // Природа. 1979. № 4. С. 122–123.
- в. Некоторые эволюционные и системные проблемы физического развития // Методологические основы спортивной морфологии. М., 1979. С. 136–138.
- г. О принципе соответствия в биологии // Принцип соответствия. М.: Наука, 1979. С. 179–186.

1980

- а. Из истории системных представлений в области биологии // Труды ВНИИСИ. Становление системных идей в науке и философии. М.: Всесоюзный научно-исследовательский институт системных исследований, 1980. Вып. 7. С. 67–76.
- б. Первопроходцы отечественной генетики [о книге: «Выдающиеся советские генетики. Сборник биографических очерков» (М.: Наука, 1980. 150 с.)] // Природа. 1980. № 11. С. 122–124. (В соавторстве с Бабковым В. В.)
- в. Основные понятия и определения теории систем (в связи с приложением теории систем к биологии) // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1979. М.: Наука, 1980. С. 78–90.

1981

- а. Длительность жизни гибридов *Drosophila melanogaster* при различных вариантах корма // Генетика. 1981. Т. XVII. № 3. С. 469–475. (В соавторстве с Билевой Д. С.)
- б. Определение конституционных типов студентов // Вопросы антропологии. Вып. 67. М.: Издательство МГУ, 1981. С. 86–93. (В соавторстве с Билевой Д. С., Делоне Н. Л., Стрижковым В. С.)

1983

- а. Системная логика дарвинизма // Природа. 1983. № 10. С. 46–54.
- б. Эволюционно-генетические факторы длительности жизни // Проблемы биологии старения. М.: Наука, 1983. С. 5–11.
- в. Проблемы биологии старения. М.: Наука, 1983. 125 с. (Ответственный редактор.)

1984

- а. Значение общей теории систем в биологических науках // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1984. М.: Наука, 1984. С. 83–115.
- б. К изданию трудов основоположника эволюционной генетики [о книге: Четвериков С. С. «Проблемы общей биологии и генетики (воспоминания, статьи, лекции)». Новосибирск: Наука, 1983. 273 с.] // Природа. 1984. № 1. С. 120–121.

1986

- а. Основные особенности генетических механизмов, эволюция и онтогенез // Генетические механизмы селекции и эволюции. М.: Наука, 1986. С. 112–118.
- б. Старость с точки зрения эволюциониста // Природа. 1986. № 8. С. 81–89.
- в. Математика и теория систем в теоретической биологии // Методологические вопросы теоретической биологии и биофизики. Пущино, 1986. С. 9–19.

1987

- а. Общая теория систем в биологии и медицине // Природа. 1987. № 7. С. 5–15.

1989

- а. *Богданов А. А.* Тектология. (Всеобщая организационная наука). В 2-х книгах. М.: Экономика, 1989. Кн. 1, 304 с.; кн. 2, 351 с. (Член редакционной коллегии издания.)

2000

- а. Тектология. Теория систем. Теоретическая биология // Серия «Философы России XX века». М.: Эдиториал УРСС, 2000. 448 с.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Айхенвальд** Б. 150
Алексеев И. А. 196
Алисов Б. П. 432
Андреев В. С. 430
Андреев М. П. 193, 289
Андреев Ф. А. 193, 289
д'Анкаона У. 368
Анохин П. К. 118
Анфалова Т. В. 395, 432
Астанин П. П. 193
Астауров Б. Л. 62, 79, 430
- Бабков** В. В. 7-9, 24, 434
Бадалян Л. О. 431
Бажин А. А. 289
Баркрофт Дж. 54, 72, 79, 113
Батлер З. А. В. (Butler Z. A. V.) 325, 326
Белов Н. А. 15, 16, 50, 82, 118, 126, 132, 200, 217, 227, 240, 242, 295, 397-399, 417
Белова М. В. 395
Белостоцкая Е. М. 259, 260
Белостоцкий Е. М. 260
Бенуа А. (Benoit A.) 247, 257, 260
де Бер Г. 220, 243
Берг А. И. 17
Берг Л. С. 300, 301, 309
Берг Р. Л. 294
Березинская Д. И. 259
Бернар К. 54, 67, 101
Берталанфи Л. фон 49, 124, 295, 417
Бетсон 377, 378
Билева Д. С. 434, 435
Биль 323
Биркнер Ф. Р. 193
Бисмарк О. 332
- Блауберг** И. В. 15, 18, 49, 350, 420
Блейлер А. 269, 270, 289
Блок А. 146
Блюменфельд Л. А. 133
Бляхер Л. Я. 15
Боас Ф. (Boas F.) 197, 246
Богданов А. А. (Богданов-Ма-
линовский А. А., Bog-
danov A. A.) 5, 6, 17,
18, 22, 26, 28-41, 47-49,
59, 79, 82, 83, 132, 139,
140, 142, 149, 150, 273,
289, 295, 309, 329, 337,
397-399, 417
Богданова Н. Б. 30, 31, 34, 36,
38, 39
Боголепов В. П. 18, 429
Богомолец А. А. 193, 383, 394,
397
Богомолова Е. А. 24
Бор Н. 278, 324, 334, 335
Боярский А. А. 254
Брайен 258
Бруханский 270
Бубличенко Л. И. 193
Бубнов Ю. И. 433
Бумпус 300
Бунак В. В. 192, 193
Бухарин Н. И. 35, 36
- Вавилов** С. И. 320, 326
Вальден П. 356
Вейденрейх Ф. 193
Вейсман А. 112, 122, 414
Вернадский В. И. 75
Винер Н. (Wiener N.) 15, 49,
228, 244, 264, 265, 289,
350
Вирениус А. С. 193

- Витвер И. А. 12
 Витчи 50, 69, 219
 Войно-Ясенецкий В. В. 425
 Волков Н. Н. 148, 150
 Вольтерра В. 83, 118, 123, 367–369, 411
 Выготский Л. С. 193
 Вырлан Е. А. 247
- Г**
 Гальтон Ф. 361, 374
 Гамалея Н. Ф. 326
 Ганнушкин П. Б. 6, 271, 332, 337
 Гарвей У. 401
 Геккель Э. 47, 81
 Геллер Е. С. 430
 Герасимов М. М. 275
 Геринг Э. 357
 Геродот 374, 376
 Гёте В. 332
 Гиббс У. 320
 Гильберт Д. 317
 Гиппократ 167, 193, 383
 Глинка-Черноруцкая Е. Л. 196
 Головин С. С. 259
 Голубцева М. В. 426
 Гольбек 319
 Гомер 301
 Горбачев М. С. 23
 Горшков М. М. 433
 Горький М. 7, 29
 Громачевский 319
 Громов Г. Н. 132
 Грот Я. К. 148
 Гумилев Л. Н. 14
 Гуревич М. 193
- Д**
 Давиденков С. Н. 283, 289, 433
 Давыдовский И. В. 194
 Даичакова В. (Danchakoff V.) 50, 218, 244
 Дарвин Ф. 361
 Дарвин Ч. 57, 75, 80, 81, 95, 108, 113, 114, 117–119, 128, 129, 294–301, 304, 305, 307–309, 313–315, 317, 332, 335, 336, 352, 353, 361, 364–367, 369, 371–374, 410, 417
- Дашевский А. И. 259, 426
 Делоне Н. Л. 435
 Дельбрюк М. (Delbrück M.) 11, 119, 322–326
 Дементьева Е. С. 395, 432
 Дженкин 315, 372–374
 Дзержинский Ф. Э. 33
 Добров Г. М. 350
 Дорн А. 80, 113, 308, 309
 Дорст Ж. 406
 Дубинин Н. П. 8, 14, 135
- Е**
 Егоров К. А. 194
 Еленевский К. Ф. 194
 Еремеев 319
 Есенин С. 146, 148
- Ж**
 Жолнерович Л. С. 13, 27
- З**
 Заблудовский А. М. 25, 425
 Завадовский Б. 317
 Завадовский М. М. 15, 50, 68, 104, 113, 126, 132, 200, 217, 218, 227, 242, 295
 Заварзин А. А. 68, 80, 102, 113, 216, 241, 242
 Збандут И. С. 13, 27, 429
 Зелены М. (Zeleny M.) 23
 Зенкевич П. И. 192, 194, 259
 Зими́на Л. Н. 309, 434
 Зиновьев Г. Е. 29, 35
 Зиновьев П. М. 194
 Зюков А. М. 194
- И**
 Иван Грозный 84
 Ивановский А. А. 194
 Ивченко Л. П. 13, 27, 429
 Игнатов Д. В. 194
 Изаксон Б. И. 194
 Ильенков Э. В. 431
 Инце А. (Inze A.) 257, 260
 Иордан 324
 Ист Е. 305, 306
- К**
 Кабанов И. А. 194
 Кальфа 248
 Каменев Л. Б. 29, 35
 Кашинцев Д. А. 32
 Кашинцева Л. Т. 427

- Кедров Б. М. 330
 Келлер Б. 313, 314
 Кирсанов А. 59, 80, 113
 Клебанер В. С. 6, 24, 43, 423
 Кнапп А. А. (Knapp A. A.) 255, 260
 Кобозева О. И. 259
 Ковалев И. Ф. 72, 80, 105, 113, 426
 Ковалевская С. В. 337
 Ковалевский 319
 Ковалевский В. О. 335
 Когхилл Дж. Э. 56, 80, 94, 113, 120, 207, 208, 242
 Колбановский В. Н. 10, 49, 59, 60, 80, 97, 113
 Колдомасов Л. 36–38
 Колмогоров А. Н. (Kolmogoroff A. N.) 8, 12, 83, 118, 123, 132, 244, 368, 372, 411
 Колосов М. А. 194
 Кольман Э. 317
 Кольцов И. К. 7–9, 11, 322, 394
 Константинов 319
 Кончаловский М. П. 37
 Коперник Н. 365
 Копп О. П. 13, 27
 Корренс 354
 Корчагин Н. В. 395, 432, 433
 Корчагина М. В. 432
 Котарбиньский Т. (Kotarbiński T.) 49, 82
 Котчесайд 323
 Красин Л. Б. 29, 30
 Кремянский В. И. 128, 136
 Кречмер Э. (Kretschmer E.) 6, 194, 265, 267, 268, 273, 274, 283, 289, 332, 338
 Кронтовский А. А. 185, 194
 Крушинский Л. В. 13, 192, 267, 285, 289, 333
 Крюи П. де 289
 Крылов В. П. 195
 Кудряшов Б. А. 242
 Кузнецов О. Л. 196
 Кузьмин В. П. 309
 Кушель 255
 Кэннон Б. 242
 Лаваль Ж. (Laval J.) 255, 260
 Ламарк Ж. Б. 296, 297
 Ланг Г. Ф. 196
 Ландуа Л. (Landois L.) 197, 243
 Лапчинский А. Г. 9, 423
 Лафарг П. 351
 Леви-Брюль Л. 270, 289
 Левит В. 259
 Левит С. Г. 7
 Ленин В. И. 5, 29, 30, 32, 33, 48, 49, 60, 80, 97, 113, 342
 Лепский Е. М. 194
 Ли 323
 Либих Ю. 59, 96, 417
 Лившиц М. И. 194
 Лисеев И. К. 431
 Лисицын 319
 Ловцкий А. Я. 195
 Лозовик В. И. 259
 Ломброзо Ч. 332
 Лондон Е. С. 195
 Лопашов Г. В. 80, 420
 Луначарский А. В. 5
 Лурия А. Р. 280
 Лысенко Т. Д. 9–12, 14, 33, 314, 318, 319, 376
 Любищев А. А. 301, 309
 Ляпунов А. А. 8, 17, 73, 80, 107, 113, 340, 431
 Майкельсон А. А. 353
 Максвелл 132
 Малигонов А. А. 195
 Малиновский А. А. (Malinovskii A.) 5–20, 22–28, 30, 31, 34–36, 38–40, 43, 80, 113–115, 128–130, 132–134, 136, 137, 150, 163, 164, 195, 202, 243, 259, 285, 290, 309, 310, 313, 317, 340, 350, 420, 423
 Малиновский А. А., сын 23, 24
 Маркс К. 81, 138, 143, 150, 295, 309, 351
 Маслов М. С. 195
 Матес П. 195
 Матковская И. Я. 419
 Медведев Ж. А. 394
 Медников Б. М. 310

- Медовиков П. С. 195, 243, 259
 Меллер Г. Дж. (Müller H. G.)
 322–324, 326
 Мельников А. В. 196
 Менделеев Д. И. 330, 356
 Мендель Г. 314, 315, 320, 354,
 355, 357, 370, 373–376
 Мериме П. 144
 Мечников И. И. 326, 397
 Мещеряков А. И. 431
 Мильн-Эдвардс
 (Miln-Edwards H.) 81, 102
 Мирский Э. М. 15
 Митин М. Б. 10
 Митчерлих 59, 80, 113
 Мичурин И. В. 293
 Морган Т. Х. 377
 Мучник С. Р. 425
 Мюллер Ф. 81
- Невский В. И.** 33, 49
 Нефедова В. Б. 164
 Нидхем Дж. 83, 86, 115, 232,
 243, 411
 Николаев Л. П. 195
 Никонова Т. В. 24
 Новак (Novak) 258, 260
 Ньютон И. 320, 326
- Овчинников Ю. А.** 402
 Озерецкий Н. 193
 Орбели Л. А. 243, 357
- Павлов И. П.** 54, 56, 57, 90,
 91, 94, 118, 120, 142, 143,
 145, 149, 167, 195, 208,
 225, 231, 265–269, 273,
 287, 290, 291, 332, 335,
 337, 343, 357, 366, 367,
 401, 406, 410, 412, 414,
 418
 Павлова Л. П. 5, 31, 32, 34, 38,
 39
 Парин В. В. 430
 Парр Т. 401
 Пастер Л. 83, 326
 Пенде Н. 195
 Пендсе Г. С. (Pendse G. S.) 247,
 257, 258, 260
- Перелешин С. Д. 369
 Периц Г. 195
 Петров 319
 Петрова М. К. 90
 Петрович М. 82, 83, 125, 132
 Писарев 319
 Плетнев Д. Д. 196
 Поваров Г. Н. 49
 Попов В. В. 424, 433
 Попов Д. В. 433
 Попов Н. 34
 Порошенко Г. Г. 432
 Презент И. И. 9–11, 313–315,
 317
 Пуанкаре А. 329
 Пузанов И. И. 297
 Пучков Н. В. 243
 Пушкин А. С. 144, 147, 148
- Раздольский И. Л.** 195
 Райт С. (Wright S.) 81, 114, 118,
 198, 229, 244
 Ранке И. 173, 196
 Рапопорт И. А. 11
 Ретеюм А. Ю. 153, 164
 Рёмер П. 260
 Рогинский Я. Я. 192, 196, 260
 Розенблют А. 295
 Ролик Г. Д. 259, 425
 Ромашов Д. Д. 8, 9, 305–307
 Ру В. 112, 122, 414
 Рубнер 185
 Руднев 183
 Рудницкий 319
 Румянцев А. В. 196
 Румянцев-Р. М. 25
- Садовский В. Н.**
 (Sadovsky V. N.) 15, 24,
 47, 49, 350, 420
 Сазонов К. 36
 Сапегин 319
 Сахаров В. В. 430
 Свинцицкий В. С. 430
 Свирижев Ю. М. 131, 133, 134
 Северцов А. Н. 81, 209, 243,
 308, 310, 349
 Селье Г. 81, 114, 357, 358
 Семашко Н. А. 36
 Семенов Н. Н. 12, 14, 429

- Семенов С. Ф. 270, 291
 Сент-Илер Ж. 296, 297
 Серебровский А. С. 305–307, 331
 Сердюков М. Г. 196
 Сетров М. И. 18, 49
 Сеченов И. М. 54, 118
 Сиго (Sigaud Č.) 177, 194, 198
 Скородинская В. В. 27, 255, 258–260, 425–427, 429
 Смирницкий А. 150
 Смирнова А. И. 5, 28, 30, 31, 38
 Смирнова Е. Д. 12, 23, 151, 164, 432
 Смирнова Н. А. 23, 24
 Смирнова Н. С. 24
 Соколов Н. Н. 317
 Сталин И. В. 9, 10, 35, 36
 Степанов А. М. 433
 Стрижков В. С. 435
 Строева О. Г. 80
 Студент 250–253
- Т**
 Талиев В. И. 81, 114
 Тандлер 168
 Тахтаджян А. Л. 18
 Тегнер Э. 148, 150, 289
 Тимирязев К. А. 57, 81, 83, 95, 114, 273, 291, 309, 310, 314, 315, 317, 326, 329, 330, 337, 373, 417
 Тимофеев-Ресовский Н. В. (Timofféeff-Ressowsky N. W.) 11, 76, 81, 109, 114, 119, 135, 136, 244
 Толстой А. К. 330
 Толстой Л. Н. 330
 Троланд 323
 Трофимов И. Е. 243, 317
- У**
 Уемов А. И. 18, 49, 114, 129, 429
 Уолдингтон К. Х. 81, 221, 240, 243
 Упит И. А. 164
 Усов Н. И. 255, 256, 429
- Ф**
 Фаберже 323
 Фарадей М. 332, 334, 335
 Фейгенберг И. М. 274, 291
 Филатов В. П. 12, 25, 26, 247, 255, 258, 260, 423, 425–427
 Филатов Д. П. 12, 424
 Филиппченко Ю. А. 243, 313, 332, 338
 Фишер Р. (Ficher R.) 118, 202, 244, 305–307, 354, 357, 371, 376
 Флейшер 258
 Фомин С. В. 420
 Франц В. (Franz V.) 81, 102
 Фриз Г. де 353, 354, 378
- Х**
 Хайлов К. М. 129, 130, 133, 137
 Хаксли Дж. (Huxley J. S.) 197, 220, 243
 Хватова А. В. 260
 Ходакова Н. М. 247, 260
 Холдейн Дж. Б. С. (Haldane J. B. S.) 81, 114, 118, 229, 243, 295, 305–307, 310, 322, 323, 326, 335
 Холина А. А. 247, 257, 260
 Холл 258
 Хохлов А. С. 402
- Ц**
 Циммер К. Г. 11, 119
- Ч**
 Чайлд Ч. М. 81, 220, 243, 390
 Чельцова О. Н. 196
 Чермак 354
 Черноруцкий М. В. 177, 196
 Четвериков С. С. 7, 8, 117, 308, 310, 369–371, 435
 Чистяков Г. А. 197
- Ш**
 Шайю 176
 Шапошников В. И. 426
 Шаров А. Я. 431
 Швидченко Л. Г. 151, 164, 432
 Шевкуненко В. Н. 197
 Шелл Дж. 305, 306
 Шерешевский Н. А. 260
 Шехурдин 318, 319

- Шмальгаузен И. И. 81, 102,
114, 119, 209, 243, 300,
308, 310
- Шолле Г. 197
- Шредингер Э. (Schrödinger E.)
11, 12, 54, 81, 93, 114,
320–325, 326, 360, 420,
424, 432
- Штейгер 257
- Штефко В. Г. 197 Штрюмпель
225, 389
- Шульгина Н. С. 426
- Щедровицкий Г. П.** 164
- Эйзова М. С.** 196
- Эйнштейн А. 320, 335
- Энгель 173
- Энгельс Ф. 79, 81, 138, 150,
168, 197
- Эспинас А. 82
- Эфроимсон В. П. 81, 114, 283,
310, 430
- Эшби У. Р. 57, 81, 291, 295,
296, 310, 329, 338, 350,
418
- Юдин П. Ф.** 313
- Юдин Т. И. 197
- Юдин Э. Г. 14, 15, 18, 49, 136,
137, 350, 420
- Юрьев 319
- Яблоков А. В.** 128
- Яковлев Я. А. 33
- Янык Н. В. 426
- Allen E.** 81, 244
- Aron H. 197
- Bauer J.** 197
- Beneke F. W. 197
- Bloom W. 197
- Brunner 197
- Bryant J. 197
- Demuth F.** 197
- Dudley P. 47
- Fischer A.** 197
- Gorelik G.** 47
- Harms J. N.** 81, 114, 244
- Huestis Douglas W. 37
- Jackson C. H.** 197
- Kumagawa M.** 197
- Langer** 197
- Lessa W. A. 198
- Loewy 183
- Martius F. H. A.** 198
- McAuliffe 197
- Nagel W.** 198, 244
- Parker R.** 197, 198
- Stern-Piper L.** 198
- Tikasi Sato** 260
- Toenissen 198
- Tucker W. B. 198
- Voit C.** 198
- Voit W. 198
- Welcher** 198
- Wharton J. F. 326

ОГЛАВЛЕНИЕ

Александр Александрович Малиновский (1909—1996): веи жизни и творчества (В. В. Бабков, В. Н. Садовский)	5
А. А. Малиновский в Украинском ПИИ глазных болезней и тканевой терапии имени академика В. П. Филатова (1951—1965) (Л. С. Жолнерович, И. С. Збиндут, Л. П. Ивченко, О. П. Копп)	25
А. Богданов и А. А. Малиновский (В. С. Клебанер)	28
<u>РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ</u>	
ОТ ТЕКТОЛОГИИ К ТЕОРИИ СИСТЕМ	45
Тектология	47
Типы взаимодействия и их значение в организме	50
Некоторые вопросы организации биологических систем	51
Общие вопросы строения систем и их значение для биологии	82
Основные определения	82
Взаимодействие двух типов систем	97
Основные принципы организации живых систем	100
Общий характер принципов системной организации	108
Теория структур и ее место в системном подходе	115
Доклад	115
Ответы на вопросы	128
Механизмы формирования целостности систем	138
Эффективность некоторых типов полужестких систем	151
<u>РАЗДЕЛ ВТОРОЙ</u>	
СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ	165
Физиологические источники корреляции в строении человеческого организма	167
I. Организм как целое в медицине	167

II. Методическое значение корреляций в учении о конституции	170
III. Изменчивость костной системы	173
IV. Общие причины корреляции в эйрисомной и лептосомной конституциях	177
V. Физиология и патология организма в связи с гетерогенным ростом	186
Заключение	189
Типы управляющих биологических систем и их приспособительное значение	199
1. Введение	199
2. Приспособление к ненаправленным изменениям среды .	201
3. Приспособление к постоянным условиям или правильной смене условий	209
4. Приспособительное значение некоторых типов систем с обратными связями	217
5. Некоторые общие соотношения управляющих систем в организмах и в машинных устройствах	228
6. Некоторые возможные направления практических приложений представлений о типах биологических систем	232
Заключение	239
О корреляциях близорукости у человека с анатомио-физиологическими особенностями его организма . .	245
Роль обратных связей и системных изменений в развитии аутистического мышления шизофреников и шизоидов	261
I. Введение	261
II. Качественная кривая и обратная связь в развитии шизофрении	263
III. Физиологические предпосылки шизофрении	264
IV. Особенности мышления больных	269
V. Системные особенности психологии при шизофрении .	272
VI. Предварительные выводы и иллюстрации	279
VII. Некоторые дополнения	284
VIII. Проблема терапии шизофрении	285
IX. Резюме	287
Вид как эволюционное целое	292
Системная логика дарвинизма	295
РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ	
ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ И РАЗВИТИЯ НАУКИ	311
Выступление на совещании по вопросам генетики и селекции при редакции журнала «Под знаменем марксизма»	313

Послесловие переводчика к книге Э. Шредингера «Что такое жизнь с точки зрения физики?»	320
К вопросу о путях исследования условий творческого процесса .	327
Наука об организации и организация науки	339
Системные проблемы организации науки	340
Наука: слабые и сильные звенья	342
Другие аспекты дифференциации научного творчества .	344
Как реализовать открытие	346
Некоторые пути регуляции в системе науки	348
Пути теоретической биологии	351
Введение	351
Общие черты некоторых биологических теорий	360
Некоторые проблемы теоретической биологии	388
Теория и эксперимент в биологии	406
Дальнейшие пути теоретической биологии (теория биологических систем)	409
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ А. А. МАЛИНОВСКОГО	421
ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ	436

CONTENTS

Alexander Alexandrovich Malinovsky (1909—1996): Landmarks of Life and Creative Work (<i>V. V. Babkov, V. N. Sadovsky</i>)	5
A. A. Malinovsky in Ukrainian Filatov Research Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy (1951—1965) (<i>L. S. Zholnerovich, I. S. Zbandut, L. P. Ivchenko, O. P. Kopp</i>)	25
A. Bogdanov and A. A. Malinovsky (<i>V. S. Klebaner</i>)	28
<u>SECTION I</u>	
FROM TEKTOLOGY TO GENERAL SYSTEMS THEORY	45
Tektology	47
Types of Interactions and their Significance in Organism	50
Some Problems of Organization of Biological Systems	51
General Problems Concerning Systems' Structure and their Significance for Biology	82
Theory of Structures and its Place in Systems Approach	115
Formative Mechanisms of Systems Integrity	138
Effectiveness of Some Types of Semi-Rigid Systems	151
<u>SECTION II</u>	
SYSTEMS APPROACH TO BIOLOGY AND MEDICINE	165
Physiological Sources of Correlations in Human Organisms' Structures	167
Biological Control Systems and their Importance in Adaptation	199
On Correlation of Human Myopia with Particular Anatomical and Physiological Features of Organism	245
Role of Feed-backs and System Changes in the Development of Autistic Thinking of Schizophrenics and Schizoids	261

Species as an Evolutionary Single Whole	292
Systems' Logic of Darwinism	295
<u>SECTION III</u>	
PROBLEMS OF ORGANIZATION AND DEVELOPMENT OF SCIENCE 311	
Address to the Conference on Genetics and Breeding Organized by Editorial Board of Journal "Under the Banner of Marxism"	313
Translator's Postscript to the Book by E. Schrödinger "What is Life? The Physical Aspect of the Living Cell"	320
On Approaches to Research of Conditions of Creative Process	327
Science of Organization and Organization of Science	339
Ways of Theoretical Biology	351
LIST OF SCIENTIFIC WORKS OF A. A. MALINOVSKY 421	
NAME INDEX 436	

Малиновский Александр Александрович
Тектология. Теория систем. Теоретическая биология

Группа подготовки издания:

Директор — Доминго Марин Рикой
Заместители директора — Наталья Финогенова,
Ирина Макеева
Администратор — Леонид Иосилевич
Компьютерный дизайн — Виктор Романов
Главный редактор — Елена Кудряшова
Верстка — Ксения Пулькина, Михаил Кириллов
Обработка графики — Елена Ефремова
Обработка текста — Евгений Макаров,
Андрей Стулов, Вадим Устьянский
Техническая поддержка — Анна Тюрина,
Анна Шабалина, Наталья Аринчева
Менеджер по продажам — Алексей Петяев

Издательство «Эдиториал УРСС». 113208, г. Москва, ул. Чертановская, д. 2/11, к.п.
Лицензия ЛР № 064418 от 24.01.96 г. Гигиенический сертификат на выпуск книжной
продукции № 77.ФЦ.8.953.П.270.3.99 от 30.03.99 г. Подписано к печати 20.07.2000 г.
Формат 84×108/32. Тираж 1000 экз. Печ. л. 14. Зак. № 42

Отпечатано в АООТ «Политех-4». 129110, г. Москва, ул. Б. Переяславская, 46.