

А. ВУЧИНИЧ (США)

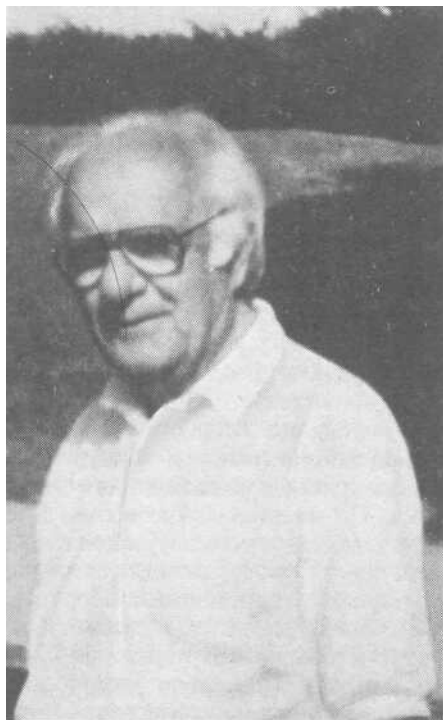
## РУССКАЯ НАУКА В ЭПОХУ КРИЗИСА: 1890—1910 ГГ.

От редакции

*Александр Вусинич (таково американское произношение его сербской фамилии, в оригинале звучащей как Вучинич) родился в 1914 г., долгое время работал профессором Пенсильванского университета в Филадельфии, после выхода на пенсию живет в Калифорнии. В самом начале 60-х гг. он и Дэвид Журавски (Дажид Йоражскы) первыми в Америке начали изучать историю русской и советской науки не в рамках советологии, т. е. политически ангажированно, а как часть истории культуры и, можно сказать, основали это направление в американской истории науки, в котором сейчас профессионально работает более двадцати исследователей.*

*Если вообще позволительно охарактеризовать одним предложением стиль исследователя, то про Вучинича можно сказать следующее: он старается просветить американского читателя и показать ему, сколько важного и интересного происходило в русской и советской науке. Основные книги Вучинича: *Science in Russian Culture. A History to 1860* (1963); *Science in Russian Culture, 1861—1917* (1970); *Social Thought in Tsarist Russia* (1976); *Empire of Knowledge. The Academy of Sciences of the USSR, 1917—1970* (1984); *Darwin In Russian Thought* (1988).*

*Предлагаемая вашему вниманию статья написана специально для ВИЕТ.*



*Александр Вучинич.  
Фото А. Б. Кожеевникова*

1

В самом начале XX в. Илья Мечников, один из первых русских лауреатов Нобелевской премии, писал, что в конце 1850-х — начале 1860-х гг. «дух науки» возобладал в России и молодые люди, открыто восставшие против традиционных ценностей и господствующего социального устройства, толпились на естественных факультетах российских университетов [1, с. 5]. В конце 1860-х — начале 1870-х гг. страна могла гордиться впечатляющим списком научных достижений. Александр Ковалевский и Илья Мечников привлекли внимание международного научного сообщества работой, в которой были предложены эмпирические основания для эволюционной эмбриологии; Александр Бутлеров выдвинул ряд перспективных гипотез, положивших начало интенсивным исследованиям химических структур; Иван Сеченов получил известность как новатор в области нейрофизиологии и нейропсихологии; Дмитрий Менделеев сформулировал периодический закон, а Владимир Ковалевский стал одним из основателей эволюционной палеонтологии. Были и другие выдающиеся ученые, работы которых еще ранее обеспечили им международное признание: наиболее замечательным среди

них был математик Пафнутий Чебышев, создатель санкт-петербургской школы теории вероятностей и теории чисел.

Мечников выражал сожаление, что после этого относительно короткого периода научный энтузиазм быстро ослабел, и к концу века в университетах России преобладали не выдающиеся и перспективные ученые, а академические «бюрократы» [2, с. 6]. Устав 1884 г. нанес большой урон университетам и науке в целом, поскольку отменил традиционные атрибуты академических свобод. Это привело к росту студенческих волнений и агрессивным действиям правительства, а также вызвало напряженность в университетской профессорской среде. В угрожающей атмосфере революции 1905 г. вновь созданный Академический союз, организованный одним из авторитетнейших минералогов В. И. Вернадским, опубликовал хорошо известную «Записку 342-х», которая была адресована российскому правительству. «Записка» выражала протест ученых в связи с тем, что усиление правительственных репрессий «попирает авторитет науки и задерживает ее развитие» и «что оно превращает профессоров в „бюрократов“, выполняющих министерские приказы». В «Записке» утверждалось, что наука «может развиваться только там, где она свободна, где она ограждена от постороннего посягательства» и что «академическая свобода несовместима с современным государственным строем России» [3, с. 190].

Большинство ученых понимало, что Мечников, характеризуя положение русской науки, стигнул краски. Осознавая, к какому разрушительному эффекту приведут правительственные нападки на академическую автономию, они тем не менее учитывали то обстоятельство, что большое количество проводимых в этот период конкретных работ поддерживало высокий уровень научного знания, способствовало модернизации научных методов и господствующего философского дискурса. По мнению микробиолога В. Л. Омелянского, ученые нового поколения ощущали недостаток того энтузиазма, который был движущей силой поколения 1860-х гг., однако в их распоряжении были надежные связи в научном сообществе, а также оснащенные современным оборудованием лаборатории [4, с. 120].

В данной работе мы рассмотрим позитивные стороны развития науки России в этот неспокойный период 1890—1910 гг. Мы рассмотрим те условия, которые стимулировали научную работу, а также тот главный вклад, который внесли ученые в основной массив естественнонаучного знания, способствуя его пополнению и обновлению. В продолжение этого периода пересечение различных направлений развития создавало благоприятные условия для национальных научных исследований, что эффективно сказывалось на культурной и технологической модернизации. Эти обстоятельства играли решающую роль в быстром и качественном изменении научного миропонимания, включая вопрос о том месте, которое занимает наука в более широком контексте насущных социальных потребностей и культурных ценностей. Эти обстоятельства создавали новые и расширяли старые связи науки и социума, а также способствовали формированию современного научного сообщества. Одним из наиболее важных явлений данной эпохи было, очевидно, расшатывание привычного философского дискурса, что побуждало ученых расширять свой интеллектуальный кругозор и позволяло более глубоко осознавать кризис механистических установок физики и других успешно развивающихся наук. Н. А. Умов, Н. Н. Шиллер, А. И. Бачинский, О. Д. Хвольсон и А. Ф. Васильев, видные члены научного сообщества, понимали всю серьезность эпистемологических проблем и тех противоречий, которые возникали при рассмотрении физической вселенной с точки зрения ньютоновской механики. Физики-философы обсуждали новейшую критику принципа причинности, взятого в качестве главной стратегии научного объяснения, ньютоновское понимание пространства и времени, проблему онтологического приоритета материи, монополию «объективной эпистемологии» и правомерность математического анализа непрерывности в процессах природы. Они активно обсуждали неевклидову геометрию как важнейшую компоненту инструментария постньютоновской науки. Это отношение к философской проблематике показывало, что русское научное сообще-

ство хорошо понимало состояние глубокого кризиса научного познания конца XIX—начала XX вв., что оно достигло высокого уровня профессиональной зрелости и готовности принять интеллектуальный вызов.

Эпоха царствования Николая II свидетельствовала о сравнительной активности государства в поддержке институциональной базы науки. Имперское правительство приступило к созданию образовательных институтов политехнического профиля, ориентированных на проведение в них научных исследований. Наиболее известное из таких учреждений — Санкт-Петербургский политехнический институт, созданный по образцу *L'Ecole Polytechnique* в Париже, *Technische Hochschule* в Берлине, и *Massachusetts Institute of Technology* в Кембридже (Массачусетс). Специальные семинары, организованные этими институтами, сыграли важную роль для ознакомления молодых русских физиков с квантовой и релятивистскими теориями. Правительство создало такой современный центр научных исследований, как Институт экспериментальной медицины в Санкт-Петербурге, способствуя тем самым проведению исследований в области экспериментальной биологии, а также давая возможность молодым людям пройти аспирантскую подготовку в науках медицинского профиля, в частности в бактериологии и патологии. Институт экспериментальной медицины издавал первый в России биологический журнал, который выходил на русском и французском языках. Благодаря увеличению правительственных субсидий, большинство русских научных обществ удвоило количество своей печатной продукции. В частности, это относилось к публикациям Русского физико-химического общества, Московского общества испытателей природы и Русского географического общества. Эти организации поддерживали *esprit des corps* научного сообщества, углубляли связи между наукой и обществом в целом, а также расширяли сотрудничество с аналогичными зарубежными организациями.

Значительные суммы частных жертвований в пользу университетов и исследовательских институтов, что ранее не имело прецедента, способствовали ускоренному продвижению российской науки. А. Л. Шанявский, к которому судьба была благосклонна при разработке сибирских золотых месторождений, основал в Москве университет, носивший его имя. Университет Шанявского не имел ограничений для студентов ни по политическим и религиозным убеждениям, ни по национальной или классовой принадлежности и зачастую включал в курс обучения дисциплины, которые не преподавались в государственных университетах, представляя тем самым возможность выхода в новые области исследований. Гибкость учебных программ облегчала адаптацию нового университета к нуждам быстро развивающихся естественных, технических и социальных наук. В качестве частного университета он одновременно расширил и контингент, из которого формировались будущие ученые, и спектр научных дисциплин, включенных в курс обучения. Хрупкий и нестабильный, этот университет, однако, не мог соперничать с надежно укорененными государственными университетами — ни в плане профессионализма преподавательского состава, ни по размерам и оснащенности исследовательских лабораторий необходимым научным оборудованием, ни по качеству библиотечного фонда. Либеральные журналы приветствовали создание университета как важный шаг в направлении демократизации и высшего образования и самих занятий наукой. Главной целью этого частного университета было разрушение традиционной монополии «правительственной науки» (т. е. науки, интересы которой определялись исключительно правительством), а также быстрое реагирование на социальные и культурные запросы.

После обстоятельной консультации с профессорами Н. А. Умовым и С. А. Федоровым (тогда известным физиком Московского университета, а позднее ректором Московской высшей технической школы) богатый купец Х. С. Леденцов создал фонд, позволивший учредить Общество содействия успехам опытных наук и их практических применений, наиболее амбициозное предприятие подобного рода в русской истории. Общество учредило ряд экспертных комиссий для поиска научных проектов, достойных финансовой поддержки, и приступило к реализа-

ции интенсивной программы исследований в сфере обоюдных интересов науки и промышленности. Общество помогло Ивану Павлову расширить его нейрофизиологическую лабораторию в Институте экспериментальной медицины. П. Н. Лебедев, ведущий русский физик в досоветскую эпоху, получил средства для модернизации физической лаборатории в Московском университете, в которой он сам и двадцать его помощников исследовали физические свойства электромагнитных волн. В одном случае «Журнал Русского физико-химического общества» вышел в срок только благодаря экстренному пожертвованию со стороны вышеназванного общества. Специальная биологическая станция на Карадагском вулканическом массиве в Крыму также субсидировалась этим обществом.

Поиски путей демократизации институциональной базы науки находили свое наиболее яркое выражение в росте числа журналов, популяризирующих последние достижения и раскрывающих общекультурное значение научного знания. «Научное обозрение», «Научное слово», «Природа и география», «Образование» обсуждали злободневные научные проблемы, в круг которых попадали и непрерывно расширяющийся «кризис в физике», и новейшие бунтарские поиски в области эволюционной биологии. Эти и подобные им журналы помещали пространные отчеты о деятельности научных обществ в России, способствуя тем самым утверждению представлений о том, что наука и научный взгляд на мир есть неотъемлемые составляющие демократической идеологии. Вся эта активность не давала покоя консервативным авторам, которые, по словам Николая Бердяева, быстро связали «дух науки» с подъемом политического радикализма, противостоящего авторитарной системе.

Все чаще и чаще научные организации, включенные в особые научно-исследовательские проекты на национальной или региональной основе, обращались за поддержкой к местной администрации (земствам). Колоссальную помощь от участников земских движений в поддержку науки получили, в частности, ботаника, зоология, метеорология, почвоведение и минералогия. Особое значение имел организованный земствами сбор сведений по медицинской статистике. В 1904 г. журнал «Вестник Европы» сообщал, что Россия лидировала среди европейских стран в добровольном сборе информации, которая обогащала эмпирический базис науки.

Некоторые ведущие ученые, особенно В. И. Вернадский, проявили твердость и предусмотрительность при обсуждении темы демократизации культуры. Нигилисты 1860-х гг., особенно Дмитрий Писарев, считали науку наивысшим культурным достижением и рассматривали ее как панацею от социальных недугов. Вернадский понимал интеллектуальную мощь и просветительскую роль науки в современном обществе, но, обладая глубоким историческим взглядом, отклонял любую попытку объявить науку источником высшей мудрости в культуре по сравнению с такими способами человеческого познания, как философия и религия. В работе «О научном взгляде на мир», опубликованной в 1902 г., он утверждал, что было бы весьма трудно установить, кто кому более обязан: наука — философии и религии или философия и религия — науке [5, с. 24]. Он пылко — и справедливо — говорил о том, что наука могла бы сделать быть более эффективной, если бы были определены ее внутренние границы и если бы она не замалась рассмотрением неразрешимых для нее проблем.

Вернадский не был согласен с позитивистами, утверждавшими, что рост науки приводит к постепенному упадку философской и религиозной мысли; напротив, он подчеркивал, что рост научного знания сопровождался одновременно развитием философии и религии как независимых попыток проникнуть в тайны Вселенной. Отклоняя защиту нигилистами интеллектуальной экспансии науки, Вернадский выражал подлинное мнение научного сообщества начала XX в. С его точки зрения необоснованным было утверждение о том, что наука базируется на «фактах», являющихся зеркальным отражением реальности; он напоминал, что многие ключевые научные «факты» являются в действительности «консенсусом» мнений, принятых научным сообществом. Несомненно, Вернадский находился под влиянием философского конвенционализма Пуанкаре и Дюгема.

Очевидно, что попытки Вернадского умерить преувеличения и восторги позитивистов и нигилистов по поводу абсолютного интеллектуального превосходства науки были вызваны желанием показать, что постоянные нападки на науку со стороны академических философов, религиозных мыслителей и писателей-богословов были в целом беспочвенны и необоснованны. Религиозные философы и университетские метафизики критиковали науку по двум направлениям: как хранилище знаний, которые не способны сами по себе достичь глубин абсолютной истины о вселенной и человеческом бытии, и как идеологию, более чем близкую материалистическому взгляду на мир.

Сложные и разнообразные явления, которые создавали новые, благотворные стимулы для занятий наукой в России между 1890 и 1910 гг., играли особо важную роль для преодоления деструктивных последствий наступлений правительства на академическую автономию и студенческие права, а также для появления современного научного сообщества. Но когда в 1905 г. университетские профессора создали национальный союз для защиты своих профессиональных интересов и научного этоса и когда в 1911 г. 120 профессоров Московского университета подали в отставку, протестуя против новых посягательств на академическую автономию, стало очевидным, что происходит разрушение самих оснований подлинно научного сообщества.

В России существовали две категории выдающихся ученых, настоящих лидеров в поиске научной истины. Первую группу составляли те исследователи, которые благодаря фундаментальным вкладам в науку были известны далеко за пределами своего Отечества. Н. И. Лобачевский, Д. И. Менделеев, П. Л. Чебышев, И. И. Мечников, И. П. Павлов вследствие международного признания их вклада в соответствующие дисциплины были наиболее выдающимися представителями данной группы. Вторую группу составляли ученые, которые не сделали особо выдающихся открытий и не предложили принципиально новых теорий, но внесли заметный вклад в освоение новых областей знания, в систематику отдельных дисциплин, в модернизацию институциональной базы науки и были одновременно красноречивыми и влиятельными ораторами, защищавшими интересы национальной науки. М.В. Ломоносов, первый русский, вступивший в борьбу за признание современной науки на уровне ее высших достижений и посвятивший свою жизнь тому, чтобы наука стала неотъемлемой частью русской культуры, был наиболее характерным представителем второй группы. Более чем кто-либо он помог своей стране постичь предмет, метод и дух науки Бэкона и Ньютона. По словам Менделеева, Ломоносов был «первым русским ученым в европейском смысле». А. Н. Крылов был выдающимся специалистом в механике, математике и кораблестроении, но если бы он не совершил ничего, кроме издания своего перевода ньютоновских «Principia» на русском языке, который к тому же сопровождал комментариями, выполненными на высоком профессиональном уровне, он все равно заслуженно числился бы среди научных лидеров не только в России, но и в любой другой стране.

Десять ученых, представляющих высший уровень русских научных достижений периода с 1890 по 1910 гг., принадлежат к первой группе и заслуживают более детального рассмотрения. Каждый из них или играл главную роль в становлении новой научной дисциплины, или участвовал в революционном преобразовании уже сложившихся областей знания. Науки, в которых можно отметить наивысшие достижения, — это математика, аэродинамика, физика, кристаллография, биохимия, микробиология, сравнительная патология и нейрофизиология. Мы не предполагаем представить весь спектр направлений деятельности и достижений этих десяти выдающихся ученых, рассмотрим лишь тот научный вклад, благодаря которому они оказались в числе лидеров современной науки.

нитого учителя, он работал вначале в области теории чисел, дифференциальных уравнений и теории функций, а позднее, в период наивысшей научной плодотворности, практически только в области теории вероятностей. Несмотря на то, что он превосходно работал во всех интересовавших его областях математики, именно теория вероятностей принесла ему наибольший успех и славу. Потребность квантовой теории в вероятностных вычислениях многократно повысила популярность Маркова в международном научном сообществе.

Сначала Марков расширял область применений закона больших чисел, приговора более точные и сильные доказательства центральной предельной теоремы, согласно которой сумма большого числа независимых случайных величин аппроксимируется гауссовым, или асимптотически нормальным, распределением. Чем глубже он проникал в таинственный мир, открываемый вероятностными вычислениями, тем дальше уходил от предыдущей тематики, связанной с именем его учителя, и демонстрировал подлинную оригинальность своего творческого математического мышления. В 1906 г. Марков предпринял смелую попытку отказаться от чебышевского подхода, связанного исключительно с независимыми случайными величинами, и обратиться к интенсивному изучению специфически связанных последовательностей зависимых случайных величин, которые он назвал цепями. Впоследствии этот подход стал известен как учение о «цепи Маркова» — термин, введенный в оборот французским математиком Жаком Адамаром. Последовательность зависимых случайных величин образует марковскую цепь, если вероятность любого события зависит исключительно от события, прямо предшествовавшего ему. То, что Марков обратил внимание математиков на распределение зависимых величин во времени, оказалось очень плодотворным. Его вклад представляет собой важный шаг к разработке общей теории стохастических процессов — теории, связанной со случайными величинами, которые зависят от одного или нескольких варьирующих параметров.

Важность «цепных» случайных событий как методологического инструмента в естественных науках была осознана до того, как Марков в 1906 г. обнаружил свою систему фундаментальных принципов. Например, согласно Абрагаму Пайсу, Эйнштейн в 1905 г. предвидел будущие описания процесса диффузии частиц как марковского процесса [6, с. 98]. После 1906 г. пионеры квантовой механики сразу осознали связь своих научных интересов с вероятностными вычислениями, относящимися к марковским цепям.

В 1933 г. Жак Адамар и Морис Фреше отмечали, что некоторые западноевропейские ученые, в том числе Анри Пуанкаре, Пауль Леви и М. фон Мизес, независимо друг от друга разработали вероятностный аспект «цепочных событий», не зная о марковской фундаментальной работе, опубликованной в России. В литературе по этому вопросу прослежены различные причины и мотивы, приводящие Маркова и Пуанкаре к одним и тем же идеям. Однако в то время, как Пуанкаре ограничивал свою работу прежде всего эргодическими принципами, Марков основывался на идее широкого применения своих разработок [7].

А. Н. Колмогоров, используя более раннюю работу А. Я. Хинчина, завоевал авторитет в основном благодаря приданию марковской теории современного вида и строгого математического обоснования. В «Аналитических методах в теории вероятностей» он заложил основы современной теории марковских случайных процессов и раскрыл глубокие связи между теорией вероятностей, теорией меры на множестве Лебега и Бореля и новыми достижениями в исследовании функций действительного переменного, которые представляли собой наибольшее отклонение от марковского подхода, тем самым существенно улучшив этот подход [8, с. 122]. Потребовалось некоторое время на то, чтобы марковская теория стала полноправной ветвью математики и нашла широкое практическое применение. Эта теория сыграла стратегически важную роль в физике и химии, биологии и инженерных науках, психологии и теории организации. Современный ученый далеко ушел от первоначального варианта марковской теории, но и его основополагающие формулировки покоятся на прежнем фундаменте.

Громадный интерес к марковским процессам наглядно можно проиллюстрировать следующей статистикой: с 1961 по 1987 г. на математических факультетах университетов и других высших учебных заведений США были защищены 123 докторские диссертации, в заглавиях которых употреблялись слова «Марков» и «марковские». Темы диссертаций относились в основном к двум типам: попытки уточнения и разработки лежащих в основе фундаментальных принципов и попытки по реализации специальных применений данной теории. Прикладные исследования охватывали самый широкий круг тем, например планирование зачисления в колледж, обучающие модели, индивидуальный выбор поведения и процессы решения задач. Немалая доля диссертаций стремилась установить более надежные и широкие связи учения о марковских цепях с другими современными ветвями математики — такими, как эргодическая теория и статистика. С 1973 по 1982 г. еще 165 диссертаций были защищены на инженерных факультетах США. Они представляли широкий спектр тем от «оптимального контроля загрузки космического корабля» и «эволюции системы допустимых отклонений летных качеств» до «моделирования погодных данных» и «выбора решения при сигналах о пожаре».

Как это часто случается в науке, Марков не думал о прикладном значении своей теории. Его вдохновляли не практические нужды современной науки и общества, но внутренний импульс роста теории вероятностей. Он провел большую работу, которая явилась первым шагом на пути к осмыслению границ теории вероятностей. Этот шаг был вполне удачным, благодаря пониманию Марковым внутренней логики и исторических тенденций в развитии вероятностной ветви математического знания. Движение от независимых случайных величин к зависимым случайным величинам было естественным и логичным шагом. Проверая свою теорию, Марков предпринял исследование соотношений между изменяющимися последовательностями гласных и согласных в двух отрывках из пушкинского «Евгении Онегина», не имея ровно никакой практической цели.

В середине прошлого века Жозеф Бертран, математик и почетный член Парижской академии наук, специалист по теории вероятностей, утверждал, что теория вероятностных вычислений дает разные ответы на одни и те же вопросы и поэтому бесполезна при проведении точных научных исследований. В это же самое время Пафнутий Чебышев высоко держал знамя исследований в области теории вероятностей, что помогло ему стать выдающимся членом Санкт-Петербургской академии наук. XX век принял сторону Чебышева. Этот век породил волну постоянного интереса к исследованию специфических реальностей, обладающих вероятностными свойствами. В 1914 г. Планк предсказывал, что новая физика будет неразрывно связана с достижениями теории вероятностей. XX век действительно выдвинул целую плеяду великих мастеров вероятностной математики, и в ней А. А. Марков занимает одно из самых почетных мест.

### 3

*Александр Михайлович Ляпунов* (1857—1918) был еще одним замечательным представителем чебышевской школы. Он также способствовал процветанию Санкт-Петербургской школы в области теории чисел, математического анализа и теории вероятностей. Подобно другим представителям данной школы он занимался не только характерными для нее математическими исследованиями. Потомки проявили большой интерес к трем главным достижениям Ляпунова: тщательной разработке и уточнению центральной предельной теоремы в теории вероятностей, математическому исследованию устойчивости и равновесия планет, а также математическому анализу фундаментальных принципов устойчивости движения.

Работа природы не может быть всегда сведена к простым объяснениям, руководствующимся идеей, что особая причина производит особые следствия. Большинство «следствий» есть на самом деле результат комбинации множества причин. Помимо «нормальных» необходимо рассмотреть и «случайные» причины. Центральная предельная теорема в теории вероятностей утверждает, что «при определенных общих условиях сумма большого числа независимых случайных

величин имеет приблизительно нормальное распределение» [9, с. 56]. Это утверждение покоится на принципе, согласно которому сумма случайных величин в большей степени, чем отдельные величины могут быть интерпретированы при помощи вероятностных и статистических методов. Вслед за Чебышевым и Марковым Ляпунов опирался на предположение, что суммарное действие случайных независимых величин подчиняется закону, которому можно дать математическое выражение. Согласно шведскому математику Гаральду Крамеру (Harald Cramer), Лаплас первым сформулировал теорему, но Чебышев и Марков были первыми, кто сделал ее работающей, а Ляпунов дал ей «полное и строгое доказательство при достаточно общих условиях». По Крамеру, «эта теорема была установлена Лапласом в его классическом трактате 1812 г.». «Строгое доказательство при достаточно общих условиях было дано, однако, только в 1901 г. рурским математиком Ляпуновым. С тех пор теорема была воспроизведена в более точной форме и для различных условий ее справедливости большим количеством авторов» [10, с. 115]. В конечном счете советские специалисты по теории вероятностей также придерживаются мнения, что именно Крамер в наибольшей степени уточнил и расширил результат Ляпунова [11, с. 401]. Во всяком случае центральную предельную теорему принято считать одним из самых важных инструментов современной теории вероятностей.

Отвергнув подходы Чебышева и Маркова, Ляпунов освоил метод «характеристических функций», который являлся наиболее действенным способом эффективного суммирования всех категорий независимых случайных величин. Этот метод базируется на следующем принципе: чем больше набор независимой случайной величины, тем шире характеристическая линия [12, с. 400]. Это стало основой, на которой была сформулирована современная центральная предельная теорема. В общей перспективе работа Ляпунова по центральной предельной теореме представляет стратегически важный шаг в постоянном стремлении современной науки избежать расхождения между реальным протеканием природных и технических процессов и их теоретической кодификацией.

Еще одно выдающееся достижение Ляпунова связано с рассмотрением устойчивости положений равновесия равномерно вращающейся жидкости, частицы которой притягиваются друг к другу по ньютоновскому закону [13, с. 350—355]. Это исследование помогло ему объяснить эллипсоидную форму планет, о чем в той или иной форме высказывались Ньютон, Маклорен, Якоби. Работа Ляпунова показала, что эллипсоидная форма лучше всего удовлетворяет математическому описанию движения жидкости, вращающейся вокруг фиксированных осей, и явилась первым детально разработанным шагом в оригинальном математическом объяснении формы планет.

Исследования Ляпунова по различным аспектам проблемы равновесной формы планет вызвали оживленные комментарии со стороны Анри Пуанкаре и Джорджа Дарвина, которые интересовались этой же задачей. Ляпунов отверг дарвиновскую идею о признаках устойчивости для грушевидной модели небесного тела, и правомерность этого отклонения позднее была строго доказана исследованиями Джинса [14, с. 584]. Приговор со стороны Джинса последовал уже после заявления Пуанкаре в 1910 г. о том, что противоречие между результатами Дарвина и Ляпунова требует дальнейших исследований [15, с. 189]. Ляпунов и Пуанкаре обменивались соображениями по общим проблемам своих космологических изысканий. В первом письме к Ляпунову, написанном в 1885 г., Пуанкаре указывает на математические трудности, связанные с решением задачи устойчивого равновесия вращающейся жидкости. Ляпунов переписывался также и с другими западными учеными, в частности с Жаком Адамаром, Вито Вольтерра и Пьером Дюгемом [16]. Так как Пуанкаре, Адамар и Дюгем проявили большой интерес к проблеме устойчивости, то магистерская и докторская диссертации Ляпунова были переведены на французский язык.

Весомый вклад был сделан Ляпуновым и в область исследования фундаментальных принципов устойчивости [13, с. 342—349]. В своей докторской диссер-



тации «Общая задача об устойчивости движения» (1892 г.) и серии последующих статей он систематизировал основные положения этой теории и тщательно разработал сложную и оригинальную последовательность первых приближений линейных дифференциальных уравнений как своего главного математического инструмента. По словам кембриджского математика Джорджа Темпла (George Temple), он предложил «полную теорию устойчивости, основанную на полных уравнениях движения, а также технику, которая не требовала эксплицитного знания точного решения» [17, с. 188]. Он привнес энергию, гибкость и размах математики в проблему, представляющую для современной технологии и инженерии особую важность. Имея дело с ограниченным числом основных принципов теории устойчивости, он обосновал прежде всего модифицированную версию линейных уравнений в первом приближении. Но он также не сомневался в применимости теории к нелинейным уравнениям. Несмотря на стимулирующие работы Пуанкаре в этой области, он придерживался собственных взглядов и оригинальных математических идей.

Еще при жизни Ляпунова научное сообщество оценило глубину его мышления и оригинальность, новизну его вклада. Он был избран действительным членом Санкт-Петербургской академии наук, членом-корреспондентом Парижской академии наук и почетным членом Академии наук деи Линчей в Риме, а также членом многих научных обществ, специализирующихся в математике и физике. Вначале, однако, его идеи распространялись очень медленно как среди теоретиков, так и среди инженеров. После 1930 г., но особенно после 1960 г. его идеи привлекли всеобщее внимание. С 1961 по 1967 г. в американских университетах были закончены 62 докторских диссертации, посвященных научным достижениям Ляпунова в области теории устойчивости: 17 из них были выполнены на математических, а 45 — на инженерных факультетах различного профиля [18]. Многие диссертации последних лет рассматривали проблему устойчивости в таких сложных технических системах, как система управления агрегатами, системы реактора ядерного синтеза и плазмы. Диссертации математических факультетов были главным образом посвящены проблемам интерпретации, расширению и уточнению оригинальных результатов Ляпунова, а также сложным случаям применения дифференциальных уравнений к теории устойчивости.

Более поздние западные профессиональные публикации высоко оценивают научное наследие Ляпунова, в частности его вклад в создание теории устойчивости. По словам Д. Д. Шиляка (D. D. Silijak), большая часть из того, что мы сегодня называем системной теорией, связана с идеей и математическим понятием устойчивости Ляпунова. «Мы обязаны проникательности Ляпунова как математика тем, что даже сегодня его точный метод анализа устойчивости динамических систем все еще весьма полезен» [19, с. 121—122].

В 1992 г. Дж. С. Экселби (G. S. Axelby) и П. С. Парке (P. S. Parks) писали в британском журнале «Automatica», что через 100 лет после опубликования работы «Общая задача об устойчивости движения» «мы можем только изумляться тому, насколько злободневны идеи Ляпунова, в особенности понятие „ляпуновской экспоненты“, которое играет весьма заметную роль в обширном потоке литературы по проблемам хаотической динамики. То же самое можно сказать о понятии „ляпуновских функций“ — можно указать, что эти функции появляются практически в каждом выпуске „Automatica“. Все это происходит по той причине, что функции Ляпунова явно и неявно включены во многие современные разработки в теории управления, которая связана с проектированием адаптивных систем, например со сходимостью оценки алгоритмов или с проблемой равновесия нервной системы» [20, с. 863].

В конце XIX в. научное сообщество критиковало доминирующее механистическое мировоззрение, а также методологические ориентации ньютоновской науки, подчеркивая, что они не способны дать удовлетворительное объяснение то-

му потоку новой информации, которая поступала из исследовательских лабораторий. Начало XX в. было отмечено появлением квантовой теории, которая бросала вызов некоторым из основных идей ньютоновства. Специальная теория относительности Эйнштейна получила известность и как предельная точка в историческом развитии ньютоновской науки, и как символ постньютоновской эры. И хотя ньютоновский подход исчерпал себя в одних областях научных исследований, он сохранил свои позиции в других, а также продолжал завоевывать новые области, открытые для научного поиска. Так, аэродинамика — наука, возникшая в 1890-е гг. — первые годы XX в., — была обязана своим возникновением исключительно ньютоновской науке.

Аэродинамика, окончательно сформировавшаяся в XX столетии, прошла в своем развитии три стадии [21, с. 305]. На первой стадии — от античности до публикации «Principia» Ньютона — господствовали идеи Аристотеля, Леонардо да Винчи и Галилея. Вторая стадия продолжалась от Ньютона до 1894 г., когда В. Ф. Ланчестер выступил с докладом, ознаменовавшим рождение современной аэродинамики. В этот период преобладали идеи Даниила Бернулли, Эйлера, Кирхгофа и лорда Кельвина. Третья стадия — еще не завершенная — была начата В. Ф. Ланчестером в Англии, Н. Е. Жуковским в России и В. Куттом в Германии.

*Николай Егорович Жуковский* (1847—1921) сочетал в себе редкие таланты: он был не только настоящим и изобретательным мастером экспериментального метода, но также снискал себе славу первого математика Московского университета. В качестве экспериментатора он построил аэродинамическую лабораторию в Кучино, под Москвой, где проводил исследования, заложившие основы аэродинамики как целостной дисциплины. В качестве математика он проявил особую изобретательность в вариационном исчислении, дифференциальной геометрии и теории непрерывных дробей. Его незаурядные работы публиковались в «Математическом сборнике», ведущем русском математическом журнале.

В 1906 г. в работе «О присоединенных вихрях» и дальнейших исследованиях Жуковский предложил математическую формулировку теоремы, заложившей теоретические основы для метода определения подъемной силы крыла самолета. Теорема базировалась на явлении, известном как «циркуляция скорости», при этом использовалась гидродинамическая модель. Жуковский показал, что циркуляция скорости неоднородна: воздушные потоки, омывающие верхнюю часть профиля крыла, двигаются со скоростью большей, чем скорость крыла, тогда как воздушные потоки, омывающие нижнюю часть, двигаются медленнее. Жуковский показал, что неоднородный поток воздушной циркуляции вокруг крыла значительно отличается от однородного потока нормального воздушного течения и что результатом циркуляции является подъемная сила крыла. Главная заслуга Жуковского заключалась в том, что, предложив гипотезу «циркуляции скорости», он не только экспериментально подтвердил ее, но также дал строгое математическое описание. Он установил, кроме того, что крылья с разной геометрической формой профиля показывают различную подъемную силу.

Рассматривая одновременное действие нормального воздушного течения и неоднородной скорости циркулирующего движения, Жуковский ввел теорему о присоединенных вихрях, согласно которой циркулирующий воздушный поток остается «присоединенным» в данной области координатного пространства — свойство, не характерное для нормального вихря. Большинство специалистов в области аэродинамики согласились бы с Р. Джакомели (R. Giacomelli) и Е. Пистолези (E. Pistolesi) в том, что гипотеза «циркуляции скорости» и теорема о присоединенных вихрях — главные оригинальные достижения Жуковского — стали «необходимой предпосылкой для аэродинамического исследования профиля крыла самолета» [21, с. 356].

На Западе теорему Жуковского принято называть теоремой Кутта — Жуковского. Узнав о том, что В. Кутт, работая независимо, пришел к тем же идеям, Жуковский не был озабочен проблемой разделения приоритета этого открытия с известным немецким ученым. В дальнейшем активность многих исследователей, вклю-

чая С. А. Чаплыгина, ученика и ассистента Жуковского, привнесла немало нового в теорию полета Кутта — Жуковского [22, с. 78—83; 78, с. 64—89; 79, с. 174—183].

Оставшуюся часть своей чрезвычайно плодотворной научной жизни Жуковский посвятил аэродинамике. Вместе с Чаплыгиным он провел математический анализ роли различных типов циркуляции скорости для решения загадки подъемной силы крыла самолета и разработал конкретные предложения для наиболее перспективных моделей. Он также выдвинул ряд оригинальных идей для теории пропеллера и для упрощения математического аппарата аэродинамики. В своих «Теоретических основах воздухоплавания» он сделал первую смелую попытку объединить богатый экспериментальный материал, накопленный в аэродинамических лабораториях, с быстро растущей ветвью теоретического знания, связанного с основными уравнениями гидродинамики и теории вязкости жидкости. Книга эта затрагивала самые злободневные темы: теорию присоединенных вихрей, теорию крыла самолета, экспериментальные исследования вязкости воздуха, теорию пропеллера [21, с. 356]. Многое из того, что сделал Жуковский способствовало приданию аэродинамике статуса независимой научной дисциплины.

В плане участия России в общих усилиях по разработке теории полета Жуковский не был каким-то изолированным явлением. В его памяти были свежи и призывы Д. И. Менделеева к более интенсивному изучению конструкции и динамики аэростатов, давшие импульс усилиям А. Ф. Можайского в конструировании первого самолета, и честолюбивые фантастические проекты ракетных полетов К. Э. Циолковского. В 1909 г. в России было достаточно много специалистов в области аэродинамики, что позволяло провести специальное заседание на XII Съезде русских естествоиспытателей и врачей, на котором Жуковский изложил недавно развитую им теорию полета. Здесь же присутствовал и Чаплыгин, который уже сделал важные шаги к своей блестящей научной карьере, связанной с развитием аэродинамики.

## 5

Кристаллография занимала весьма заметное место в русской науке. В. М. Севергин в своей книге «Первые основания минералогии», опубликованной в 1798 г., ввел в научный оборот некоторые элементы кристаллографии, и, хотя это было сделано только на описательном уровне, ему удалось посеять семя, которое дало впоследствии обильный урожай. Спустя три десятилетия А. Т. Купфер, также член Санкт-Петербургской академии наук, сумел поднять кристаллографию на более высокий уровень абстракции: он работал в традициях структурного анализа, идущих от Гаюи. В 1860-е гг. это направление достигло еще более высокого уровня в работах академиков Н. И. Кошкарлова и А. В. Гадолина по структурному анализу. У обоих ученых явно прослеживается связь с традицией Гаюи через наследие Купфера: исследователи сконцентрировали свое внимание на регулярности геометрических форм химических структур и соединений. По словам В. И. Вернадского, «работы Кошкарлова создали прочный фундамент для всех обобщений геометрического строения природных тел...; работы Гадолина дали нам самое полное обобщение этих наблюдаемых фактов, дальше которого при имеющемся материале нельзя идти» [23, с. 265]. Вильгельм Оствальд увидел в главном исследовании Гадолина («Вывод всех кристаллографических систем и их подразделений из одного общего начала», 1867) важную веху в развитии науки и перепечатал его в «Klassiker der exakten Wissenschaften». Благодаря тому, что он сам назвал «законом отношений в распределении параметров», а также строгим математическим выкладкам, Гадолин установил 32 основных вида кристаллической симметрии. Публикация в этом издании способствовала тому, что достижения Гадолина заняли достойное место в ряду основных достижений в области кристаллографии.

Научная работа *Евграфа Степановича Федорова* (1853—1919) не только подняла уровень кристаллографии на новую, более высокую ступень, но и помогла ей занять престижное место среди других научных дисциплин. Федоров написал множество статей и несколько книг по кристаллографии. Его основная работа

«Симметрия правильных систем фигур» (1890) побудила известного немецкого математика Феликса Клейна отметить в его классическом труде «Введение в развитие математики в XIX столетии», что Федоров был первым ученым, который совершил последовательную и полную интеграцию структурной кристаллографии [24, с. 344]. Работа Федорова содержала полный алгебраический вывод 230 классов симметрии, представляющих основные пространственные группы природных кристаллов.

По сути дела это же открытие было сделано примерно в то же самое время немецким математиком А. Шенфлисом (A. Schönflies) и повторено несколько позднее англичанином Дж. Барлоу (J. H. Barlow). Английский кристаллограф Гарольд Хилтон (H. Hilton) утверждал в 1903 г.: «Работы Федорова и Шенфлиса появились около 1890 г.; первый имел небольшое преимущество, но его работа была опубликована по-русски и поэтому не получила такой широкой известности, как это могло бы быть в ином случае» [25, с. 259]. В то время, как Шенфлис опирался на математическую теорию групп, Федоров основывался на операциях алгебраической геометрии, принятых в начале XIX в.

Открытие 230 пространственных групп позволило кристаллографии занять свое место среди других современных наук. Находясь на стыке химии и минералогии, кристаллография оказалась тесно связанной с такой постньютонианской научной дисциплиной, как рентгеновская спектроскопия. Английские физики У. Г. и У. Л. Брэгги (W. H. & W. L. Braggs) развили метод просвечивания кристаллических структур рентгеновскими лучами, сделав возможным систематическое исследование точной структуры каждого кристалла. Макс фон Лауэ, осознавая большое потенциальное значение результата, полученного Федоровым и Шенфлисом, сделал важный шаг в атомной физике, установив связь между рентгеновской длиной волны и пространственной решеткой [26, с. 120—121].

Имея в виду надежды фон Лауэ на то, что рентгеновские лучи смогут открыть внутреннюю структуру каждой из 230 пространственных групп, Филипп де Корбельер (Ph. de Corbeiller) писал: «С этого момента мы понимаем, что в знании о 230 пространственных группах, которое ранее рассматривалось только в качестве математической игры, заключена огромная практическая важность. Рентгеновский анализ дает нам возможность установить, к какой пространственной группе принадлежит данный кристалл. Он дает нам также ключ к пониманию того, как расположены атомы в кристалле... Сейчас рентгеновский анализ входит в арсенал методов, с помощью которых решается одна из основных проблем биохимии — проблема строения белка» [27, с. 878].

Русское научное сообщество не сразу склонилось к тому, чтобы принять федоровские идеи как часть общепринятого или требующего дальнейшей проработки знания. В своих «Лекциях по физической кристаллографии» В. И. Вернадский утверждал, что кристаллография могла бы прожить и без федоровских пространственных групп. Впоследствии он, однако, полностью изменил это мнение, выражая сожаление по поводу медленного распространения федоровских идей в России. Теперь Вернадский был убежден, что имя Федорова должно стоять рядом с именами Менделеева и Павлова в анналах отечественной науки [28, с. 20—21]. В докладе, прочитанном на XII Съезде русских естествоиспытателей и врачей, который проводился в Москве в 1909 г., Г. В. Вульф, ведущий специалист в области кристаллографии, назвал федоровскую теорию важнейшим вкладом в кристаллографию [29].

## 6

По уровню вклада в мировую сокровищницу научного знания *Петр Николаевич Лебедев* (1866—1912) считается ведущим русским физиком последних десятилетий монархической эпохи русской истории. Он родился в Москве, завершил образование в Московском университете, а степень доктора натуральной философии получил в университете Страсбурга. После публикации своих экспериментальных исследований механического действия волн на резонаторы он получил степень доктора (без защиты магистерской диссертации) — на сей раз в Московском университете. Работая в Московском университете, он до конца своих дней был связан

с максвелловской традицией в физике. В деятельности Лебедева его академическое окружение видело пример бескомпромиссного служения идеалам научного исследования, основанного на неразрывном взаимодействии теории и эксперимента.

Когда в начале XIX в. Френель сформулировал волновую теорию света, он поставил физиков перед трудной проблемой — придумать экспериментальные установки и процедуры для измерения такого естественного явления природы, как давление света, оказываемое им на материальные тела. Максвелл актуализировал и расширил проблему, включив в рассмотрение все типы электромагнитных волн. Он полностью подтвердил мысль Фарадея о существовании взаимоотталкивания силовых линий — равно как и напряжения вдоль них — и сформулировал теорию напряжения в материальных телах. Он вывел из этой теории математическое выражение для давления, оказываемого световой волной на отражающую металлическую пластинку.

В 1899 г. Лебедев добился успеха в установлении надежных лабораторных процедур для измерения давления света на твердую поверхность. Впервые он представил свои результаты на собрании *Swiss Société Vaudoise Naturelles* и затем в докладе на Всемирном физическом конгрессе в Париже в 1900 г. Полный текст доклада был опубликован на немецком языке в «*Annalen der Physik*». Экспериментальная работа Лебедева в этой и смежных с ней областях разрешила одну из главных загадок электромагнитной теории света и предложила возможность электромагнитного объяснения межмолекулярных сил [30, с. 74]. Она также помогла ввести в астрономию представление о давлении излучения. В своих дальнейших исследованиях давления света на газы Лебедев использовал двадцать сложных приборов, большинство из которых он спроектировал сам [31, с. 472—473]. Эти эксперименты, завершенные в 1907 г., дали дополнительное подтверждение существованию давления, производимого электромагнитными волнами.

Макс фон Лауэ считал эксперименты Лебедева важным шагом в современном развитии представлений об энергии, в частности, принципа, устанавливающего, что импульс (в механическом смысле) связан с оттоком энергии [26, с. 88—89]. Философ науки М. Чапек (М. Сапек) так прокомментировал вклад Лебедева в контексте развития постньютоновской науки: «Нет необходимости подробно останавливаться на изумляющей плодотворности Эйнштейнова уравнения  $E = mc^2$  и множества приложений, которые оно находит в интерпретации физических явлений, в особенно в области микромира. Уравнение выражает универсальный закон: любой вид энергии обладает инерционной массой и наоборот. Поэтому естественно ожидать, что свет и электромагнитная энергия имеют определенную массу и, следовательно, способны оказывать определенное давление и подвергаться воздействию гравитационного поля. Оба следствия были экспериментально подтверждены: первое — Лебедевым в 1900 г. еще до появления теории относительности; второе — когда предсказанное Эйнштейном отклонение световых лучей в гравитационном поле Солнца было обнаружено во время солнечного затмения в 1919 г.» [32, с. 293].

Вскоре Лебедев получил признание международного научного сообщества. Римская Академия деи Линчеи и Баварская академия немедленно избрали его почетным членом, а несколько университетов, как русских, так и зарубежных, — почетным доктором. Когда он ушел из Московского университета в 1911 г. в знак протеста против ограничительной политики, проводимой министром просвещения Л. А. Кассо, ему предложили место в Нобелевском институте в Стокгольме, но он отказался. По-видимому, слабое здоровье, а также невозможность отказаться от многочисленных студентов повлияли на принятие им такого решения. Страдая хронической болезнью сердца, он умер в 1912 г. в возрасте 46 лет.

Михаил Семенович Цвет (1872—1919) закончил Женевский университет и здесь же получил степень доктора. Он посвятил свою научную жизнь исследованиям хлорофилла, с которыми в России связана долгая и замечательная традиция. Занимая вначале невысокие должности, он впоследствии стал профессором ботани-

ки и агрономии Варшавского ветеринарного института, а позднее — профессором ботаники и микробиологии Варшавского политехнического института. (В то время Польша была частью Российской империи.)

В 1900 г. Цвет защитил магистерскую диссертацию, которая представляла собой теоретическое и экспериментальное исследование физико-химической структуры хлорофилла. В работе он продемонстрировал свое глубокое увлечение поиском более эффективных методов для изучения пластид и пигментов растений. В 1903 г. он сделал доклад «О новой категории адсорбционных явлений и о применении их к биохимическому анализу» на биологической секции Варшавского общества естествоиспытателей, в котором рассказал об эксперименте с применением новых методов. Поскольку работа была написана по-русски, она прошла незамеченной на Западе. В 1906 г. он опубликовал две статьи в «Berichte» Немецкого ботанического общества, где дал своим идеям более подробное объяснение. В этот период он считал созданный им метод вкладом в химическое изучение хлорофилла. Долгое время западные специалисты полагали, что эти две статьи и есть начало обращения Цвета к хроматографии [33, с. 20]. Его последующие статьи, равно как и его книга «Хромофиллы в растительном и животном мире» (1910), представляли дополнительное разъяснение и демонстрацию возможностей созданной им техники исследования, которую он сам назвал «адсорбционным хроматографическим методом». На этом методе была основана система исследовательских приемов, которая постепенно распространилась далеко за пределы физиологии растений. Цвет использовал этот метод для разделения компонент, из которых состоял пигмент листа, что было чрезвычайно удачным решением в плане понимания материальной основы фотосинтеза.

Л. Цейхмейстер (L. Zechmeister) и Л. Чолноки (L. Cholnoky) в своем обширном исследовании «Принципы и применение хроматографии» так описали изобретенный Цветом метод: «В своем фундаментальном эксперименте Цвет экстрагировал зеленые листья светлой нефтью, пропуская экстракт через спрессованный столбик сильно измельченного карбоната кальция, находящегося в вертикальной стеклянной трубке. Он обнаружил, что обильно пигментированные составляющие медленно просачивающегося раствора подвергались разделению. В верхней части столбика появлялось светло-желтое кольцо, чуть ниже — две зеленые зоны и еще ниже — три других желтых компонента... После обработки необходимым количеством чистого растворителя рисунок хроматограммы становится еще более выразительным» [34, с. 1—2].

С помощью метода хроматографической адсорбции Цвет разделил главные компоненты пигментов, находящихся в листьях растений, — каротин, хлорофилл и ксантофилл, и выделил их в чистом виде для научного исследования. О сути своего открытия как нельзя лучше сказал сам автор: «Подобно световым лучам в спектре, различные компоненты сложного пигмента закономерно распределяются друг за другом в столбе адсорбента и становятся доступными качественному и количественному определению». Таким образом, ту роль, которую играет спектрография для разделения и измерения основных цветов в спектре, для разделения и измерения основных компонентов многих природных соединений, выполняет хроматография. Существенно то, что здесь применяется физический метод для исследования химических явлений; каждый слой определяется особым оттенком цвета.

Существует множество применений этого метода в различных областях науки, так как он прост и быстро дает результаты, и его можно легко использовать при изучении неустойчивых веществ. Кроме того, он заменяет кропотливую аналитическую работу и требует минимальных предварительных знаний об анализируемых веществах. Физиология растений, органическая химия и биохимия далеко продвинулись благодаря использованию этого метода. Фармацевты и медики также признали этот метод очень полезным. Согласно Тревору Вильямсу (Trevor I. Williams), автору книги «Элементы хроматографии» (1954), метод выдержал проверку, и, когда другие методы обнаруживают свою неэффективность, он во многих случаях оказывается действенным. «Хроматография имеет для химического анализа тот же смысл, что компьютер для вычислений» [35, с. 521].

Вначале научное сообщество как в России, так и за рубежом не проявило большого интереса к идеям Цвета. Единственной почестью, которой он был удостоен в 1911 г., была премия Санкт-Петербургской академии наук. Некоторые из его ключевых работ не были доступны западным ученым, так как были написаны по-русски. Кое-кто из ученых думал, что его метод слишком прост и элегантен для того, чтобы быть истинным. Первоначальный скептицизм постепенно сменился растущим интересом к наследию Цвета. Одним из первых западных исследователей, применивших новый адсорбционный метод и признавших достижения русского биолога, был американский ученый Л. С. Палмер (L. S. Palmer), который в 1922 г. опубликовал работу по хроматографической интерпретации «каротиноидов и родственных пигментов» [36, с. 7, 10].

В западной Европе только с начала 1930-х гг., когда такие ученые, как Р. Кун (R. Kuhn), А. Уинтерс (A. Winters) и Э. Ледерер (E. Lederer), выделили альфа- и бета-каротины и некоторые другие пигменты, в области хроматографии началась широкая и серьезная деятельность [37, с. 249—277]. Результатом новых достижений активно проводившихся хроматографических исследований было выявление многих новых адсорбентов и введение в эту область математических операций. В конечном счете хроматография охватила также и область неорганических соединений. Тонкослойный хроматографический анализ, включающий метод, сильно отличающийся от метода Цвета, был предложен в 1938 г. советскими учеными Н. А. Измайловым и М. С. Шрейбером. Для отделения компонентов различных веществ они предложили использовать стеклянные пластинки [38; 39, с. VII]. В 1960-х гг. этот метод стал одним из наиболее популярных в хроматографии.

Открыть метод адсорбционного хроматографического анализа Цвету помогли его обширные познания в области химических аспектов физиологии растений, интуиция, а также близкое знакомство с работой тех ученых, которые уже пытались использовать адсорбцию для отделения и очищения агентов природных веществ и их компонентов, в частности пигментов листьев и флавинов.

Три события сыграли особенно значительную роль в том, что метод Цвета привлек внимание мирового научного сообщества. В 1937 г. Л. Цехмейстер и Л. Чолноки опубликовали «Метод адсорбции в хроматографии» («Die chromatographische Adsorptionsmethode»), работу, которая не только давала ясную картину идей Цвета, но также рассматривала современные попытки применить этот метод в новых областях исследований. Второе издание этой книги было сразу же переведено на английский язык. В ноябре 1946 г. Нью-Йоркская академия наук провела конференцию по хроматографии, на которой Цехмейстер представил блестящий обзор истории хроматографии, уделив особое внимание биографии Цвета, а также наиболее заметным достижениям в этой области на тот период [40]. Столетие со дня рождения Цвета было широко отмечено. Кульминацией всех мероприятий по увековечению памяти этого выдающегося ученого стал международный Симпозиум по хроматографии, который был проведен в Москве в 1972 г. Симпозиум был организован Всесоюзным химическим обществом им. Д. И. Менделеева и рядом других научных обществ и организаций [37, с. 249—277]. Издание на Западе трех специализированных журналов, посвященных исключительно хроматографии («Journal of Chromatography», «Chromatographic Reviews», «Chromatographia»), свидетельствует о том, что научное наследие Цвета чрезвычайно жизненно и плодотворно. До настоящего времени реализована только малая часть огромного потенциала метода хроматографического анализа.

## 8

Три общих черты роднили Михаила Семеновича Цвета и *Дмитрия Иосифовича Ивановского* (1864—1920): оба занимались исследованием главным образом хлорофилла, многие годы вместе работали на биологическом факультете Варшавского университета и оба были убеждены, что будущее биологических наук в наибольшей степени зависит от развития экспериментальной техники. Однако их основные научные открытия сделаны в различных областях биологического

исследования: Цвет заложил краеугольный камень в создание хроматографии, а Ивановский предложил нечто подобное для вирусологии, быстро развивающейся современной научной дисциплины [41].

В 1887 г., еще будучи студентом Санкт-Петербургского университета, Ивановский был избран своим руководителем А. С. Фаминцыным, хорошо известным специалистом по физиологии растений, для поездки в Крым с целью исследовать особый тип болезни табака, называвшейся по-местному «рябуха». Проект финансировался Вольным экономическим обществом и продолжался три года. Его результатами были отчеты, опубликованные в трех журналах, включая «Бюллетень» Санкт-Петербургской академии наук. В статье, написанной совместно с В. В. Половцевым, Ивановский утверждал, что в действительности существует два различных типа болезней табака: незаразная, т. е. собственно «рябуха», и заразная — «мозаичная болезнь».

Для того чтобы изолировать бактерии для целей исследования или каких-то других, бактериологи конца XIX в. использовали свечу Шамберлена. Эта «свеча» была сконструирована таким образом, что позволяла отфильтровать жидкость, содержащую бактерию, но не саму бактерию; ибо считалось, что бактерии не фильтруемы. Ивановский открыл, что «в соке листьев, пораженных мозаичной болезнью, инфекция сохраняется даже после фильтрации через свечу Шамберлена» [42, с. 30]. Не слишком много времени потребовалось — особенно после того, как поиски Ивановского были подхвачены в 1893 г. голландским ботаником Бейеринком, — чтобы признать, что Ивановский открыл новый тип «бактерии», впоследствии получивший название «вирус» и ставший главным предметом изучения новой научной дисциплины — вирусологии. Вскоре Ф. Леффер (F. Loeffer) и П. Фрош (P. Frosh), работая независимо, сообщили, что переносчик ящура, болезни крупного рогатого скота, также свободно проходит через бактериальный фильтр. В 1901 г. Вальтер Рид (Walter Reed) и его коллеги установили, что желтая лихорадка у человека вызывалась также вирусом. Открытие Ивановского, по мнению выдающегося американского вирусолога В. М. Стэнли (W. M. Stanley), такого масштаба, что «имя Ивановского в науке о вирусах следует рассматривать почти в том же свете, как имена Пастера и Коха в микробиологии». Стэнли добавляет: «Важным подтверждением этому является всеобщее признание Ивановского отцом новой науки — вирусологии» [43; 44; 45]. Такое издание, как «Классики фитопатологии» («Phytopathological Classics»), утверждает, что слава Ивановского «без сомнения, будет со временем расти» [46, с. 26].

В отличие от большинства ведущих русских ученых того времени Ивановский никогда не работал в западных лабораториях. Известия о его открытиях распространялись чрезвычайно медленно даже на его родине; научный мир просто не был готов к тому, чтобы отдать должное той утомительной экспериментальной работе, которую Ивановский проводил вдали от главных научных центров. Все это пришло позднее, только тогда, когда вирусология стала вполне утвердившейся, процветающей научной дисциплиной и начала интересоваться собственной историей, благодаря чему ученые, стоявшие у истоков этой области, получили заслуженное признание.

Ивановский был автором и многих других научных работ, которые имели прежде всего национальное значение. Он помог сохранить сильную национальную традицию в изучении хлорофилла, провел довольно значимые исследования процессов спиртового брожения. Он написал превосходный университетский учебник по физиологии растений, удачный синтез теоретических и экспериментальных достижений в ключевой области биологии того времени. Он способствовал преодолению некоторого спада в этой области после того, как три ее наиболее известных лидера — К. А. Тимирязев, А. С. Фаминцын и И. П. Бородин начали интересоваться другими областями, а также философскими проблемами биологии.

Ивановский играл активную роль в усилиях русского научного сообщества обосновать эволюционную теорию Дарвина в свете последних достижений экспериментальной биологии. В своей университетской речи, прочитанной в 1908 г. в



Варшаве, он ярко продемонстрировал стремление рассматривать новую биологию как сложную теоретическую структуру, включающую ламарковский энвайроментализм, мутационизм Г. де Фриза (Hugo de Vries) и дарвиновскую идею борьбы за существование. Он думал, однако, что следующий шаг развития эволюционной теории приведет к переоценке роли изменчивости и наследственности как «позитивных факторов» в трансформации видов растений и животных. Очевидно, он думал в категориях того направления, которое позже стало называться синтетической теорией эволюции. Он был убежден, что в окончательной справедливости эволюционной теории нельзя быть уверенным до тех пор, пока не будут накоплены достаточные экспериментальные данные. По его мнению, ключом к пониманию эволюционных процессов могут служить физиологические показатели [72, с. 302—303].

## 9

Выпускник Санкт-Петербургского университета, *Сергей Николаевич Виноградский* (1856—1953) провел шесть лет в университетах Страсбурга и Цюриха, где его исследования помогли придать почвенной микробиологии современный вид и занять стратегически важную позицию среди других дисциплин — на стыках химии и биологии. В 1891 г. он занимал должность исследователя в Институте экспериментальной медицины в Санкт-Петербурге, где создал микробиологическую лабораторию. В 1905 г., будучи неудовлетворенным организацией работы в этом институте, он уехал в свое поместье на Украину. Во время Октябрьской революции он покинул страну и в 1922 г. принял приглашение Эмиля Ру (Roux) организовать исследования по почвенной микробиологии в Пастеровском институте в Париже. Институт располагал экспериментальной фермой в Бри-Конт-Робер, которую Виноградский использовал в качестве базы для своей работы. Он умер в 1953 г. в возрасте 96 лет [48—50].

Во время своего пребывания в Страсбурге (1885—1888), где он работал вместе с Антуаном де Бари (A. de Bary), крупным специалистом в области микологии и общей бактериологии, Виноградский выполнил две работы, которые принесли ему известность и где он проявил себя как выдающийся почвенный микробиолог. В происходившем тогда споре между защитниками моноформизма, которые настаивали на стабильности и классифицируемости бактериальных форм, и защитниками плеоморфизма, которые полагали, что эти формы нестабильны и неклассифицируемы, он не только поддержал первое направление, но и приложил все усилия для того, чтобы классифицировать микроорганизмы [51, с. 207].

Для придания убедительности своим аргументам, направленным против плеоморфизма, Виноградский предпринял интенсивное исследование серо- и железобактерий, наиболее таинственных обитателей почвы. Мотивом для его работы послужило высказанное Пастером мнение о том, что пришло время предпринять систематическое и всестороннее изучение огромной роли бактерий в жизненном цикле. Де Бари и некоторые другие бактериологи были озадачены вопросом, почему группа серобактерий требует так много серы для своего выживания. Исследование Виноградского, в котором проявилась его незаурядная интуиция, показало, что серобактерии используют энергию, полученную при окислении сероводорода, серы и сернистой кислоты. Как считал Виноградский, этот тип окисления аналогичен процессу дыхания, который обеспечивает клетку энергией, необходимым для ассимиляции двуокиси углерода. Он назвал это явление «минеральным дыханием». Его открытие нового источника энергии для выживания и роста клеток микроорганизмов начало новую главу в истории бактериологии.

Виноградский обнаружил аналогичное явление в группе бактерий, широко распространенных в природе, которые окисляли закись железа, превращая ее в окись. В этом случае закись железа служила субстратом энергии, без которой клетки железобактерий не смогли бы жить и развиваться. Здесь также жизненной основой данной группы микроорганизмов является окисление неорганического вещества [52, с. 89—93].

Следующее, наиболее кропотливое экспериментальное исследование Виноград-

ского в микробиологии, было сосредоточено на бактериях, образующих нитриты, и их роли в важнейшем процессе нитрификации почвы. Это исследование было начато в Цюрихском университете в 1881—1891 гг. и закончено в Санкт-Петербурге в 1890-х гг. Изучение процессов нитрификации, выполненное с исключительной точностью и тесно связанное с предыдущими достижениями в этой области, стало, вершиной микробиологических исследований, связанных с именем Виноградского [53].

В 1890-х гг. ряд ученых, которые работали независимо друг от друга, установили, что нитрификация есть биологический процесс, но они столкнулись с большими трудностями при идентификации бактерии, участвующей в процессе. Виноградский заметил, что нитрификация состоит из двух фаз, на что ранее указывал английский микробиолог Уоррингтон (Warrington). Каждая фаза включает действие особой группы бактерий: одна группа окисляет аммониевые соли до нитритов, а вторая — нитриты до нитратов. Комбинирование процессов окисления производит энергию, используемую бактериями для ассимиляции двуокиси углерода из атмосферы [47, с. 27]. Две группы нитрифицирующих бактерий в высшей степени автотрофны: не существует органической материи, которая была бы необходима для их метаболизма. Исследование Виноградского не только решило ключевую проблему микробиологии, но также предложило надежные способы для преобразования почв.

Как только отчеты об этом исследовании стали появляться в «Анналах Пастеровского института» («Annals of the Pasteur Institute»), Пастер обратился к И. И. Мечникову с просьбой пригласить Виноградского к нему в институт, где он бы работал в специальной микробиологической лаборатории. Предпочитая вернуться в Россию, Виноградский принял приглашение вновь созданного Института экспериментальной медицины в Санкт-Петербурге, который также обещал построить для него лабораторию.

Исследования Виноградского сульфида железа и нитрифицирующих бактерий привели к двум важнейшим результатам: идентификации уникальной категории микроорганизмов, которые впоследствии он назвал «анаргосидантами», и глубокому анализу химии и физиологии метаболизма особого типа, названного «хемосинтезом» — термин, ставший общепринятым. Сущность его вклада заключалась в демонстрации того, что «органическое вещество на земном шаре образуется при жизнедеятельности живых существ не только в процессе фотосинтеза, но и в процессе хемосинтеза» [54, с. 169]. Открытие хемосинтеза — было одним из величайших открытий биологии XIX столетия.

Согласно Виноградскому, хемосинтез имеет несколько характерных черт. Он происходит в минеральной среде, которая содержит вещество, способствующее окислению. Весь процесс связан с этим веществом, в случае нитрификации — это соли аммиака. Окисление этого вещества есть единственный источник энергии, которая полностью идет на поглощение двуокиси углерода. Органическое питание не играет здесь никакой роли. Хемосинтез не разлагает органическое вещество. На самом деле органическое вещество только задерживает развитие организма [там же]. Хемосинтез является никем ранее не обнаруженной формой метаболизма. Ваксман (Waksman) считает, что Виноградский наряду с такими учеными, как Кох, Бейеринк и еще немногими другими, способствовал переходу микробиологии «от подготовительного периода к конструктивному» [52, с. 820]. Виноградский убедительно доказал, что автотрофные микроорганизмы получают энергию при окислении неорганических веществ, и это положило начало современной фазе развития почвенной микробиологии. Он также был первым, кто показал, что эта энергия используется для абсорбции двуокиси углерода или карбонатов.

В 1890-х гг. Виноградский занимал административные должности, участвовал в научно-исследовательских проектах медицинского профиля, не связанных с микробиологией, а также помогал в издании «Архива биологических наук», который выпускал Институт экспериментальной медицины на французском и русском языках. Он также проводил важные исследования по физиологии азотофиксирую-

щих бактерий, концентрируя внимание на вопросах метаболизма, питания и генерации энергии. Он выделил анаэробную бактерию, которую назвал *Clostridium pasteurianum*, живущую в почве и способную связывать атмосферный азот. Это открытие вызвало длительную и оживленную дискуссию среди почвенных бактериологов. Оно также стимулировало обращение Виноградского к экологическим аспектам процессов нитрификации. Он показал, что процессы нитрификации исключительно важны для сельского хозяйства: аммиак легко выводится из почвы, но нитраты более устойчивы и могут полностью обеспечить растения необходимым им азотом.

Виноградский способствовал переориентации методологии почвенной микробиологии. До него изучение бактерий проводилось в изоляции их от почвы и друг от друга, в так называемых чистых культурах. Метод Виноградского призывал изучать автотрофные бактерии в их многообразных взаимоотношениях с почвой и ее неорганическими компонентами. Он доказывал, что почва является сложной микробиологической структурой, которая должна изучаться скорее как интегрированное целое, а не как механическая смесь отдельных компонентов. Он видел живую материю в ее целостности — как огромный организм, заимствующий свои элементы из неорганического мира, эффективно управляющий всеми процессами своего прогрессивного и регрессивного метаморфоза и в результате возвращающий все взятое неживой природе [55, с. 313].

В знак признания научных достижений Виноградского Лондонское королевское общество и Парижская академия наук избрали его своим почетным членом. То же самое сделала и Академия наук СССР, несмотря на решение Виноградского покинуть страну после Октябрьского переворота. По словам его американского биографа, Виноградский «предложил один из наиболее оригинальных подходов к изучению физиологии определенных групп бактерий и их роли в почвенных процессах... Он был истинным ученым. Он был интернационален в своей жизни, большая часть которой была посвящена служению науке о микробах» [47, с. 71—72].

## 10

*Илья Ильич Мечников* (1845—1916) провел немалую часть своей жизни, в том числе и научной, во Франции как активный член Пастеровского института в Париже, но он никогда не порывал близких связей с Россией и не отказывался от своей профессиональной и глубинной человеческой принадлежности русскому научному сообществу. Он предпочитал работать во Франции, так как считал, что для занятий наукой здесь можно найти более благоприятные материальные и духовные условия, что общество проявляет здесь гораздо больше внимания и оказывает поддержку научным исследованиям. Кроме того, здесь можно установить более живые и плодотворные контакты между членами национального и международного научного сообщества [56, с. 86].

Мечников был в числе наиболее активных и известных участников событий двух различных эпох истории русской науки: эпохи шестидесятых, часто называемой «золотым веком русской науки», и эпохи Николая II, особенно периода 1890—1910 гг. В первую эпоху он принадлежал к группе молодых ученых, заложивших основы сравнительной и эволюционной эмбриологии. Благодаря значительному вкладу трех членов Санкт-Петербургской академии наук — Каспару Вольфу, Христиану Пандеру и Карлу фон Бэру — Россия находилась в числе лидеров в исследованиях по эмбриологии позвоночных. Мечников и А. О. Ковалевский избрали своей основной областью исследований эмбриологию беспозвоночных. Не во всем согласный с Дарвином, особенно в молодости, Мечников тем не менее проводил свои эмбриологические исследования в рамках эволюционного подхода, который подчеркивал структурную однородность беспозвоночных, общие стадии в эмбриональном развитии зародышевых листков, а также характерные эволюционные связи позвоночных и беспозвоночных.

В 1883—1885 гг. исследовательские интересы Мечникова претерпели значи-

тельное изменение: он начал работать над созданием оригинальной клеточной (или фагоцитарной) теории иммунитета и воспалительных процессов. Первые же шаги новой теории сразу привлекли большое внимание как в России, так и в Западной Европе. После своего прихода в Институт Пастера в 1888 г. он посвятил более десяти лет уточнению, разработке и обоснованию своих новых идей. Основной аргумент новой теории заключался в утверждении, что фагоциты, широко распространенная группа высокоподвижных клеток, имеют двойную функцию: они ответственны за внешнее пищеварение клеток и одновременно обладают «профилактической функцией», поглощая атрофированные органы и все виды инородной материи — такие, как инфекционные микроорганизмы, приходящие извне. Сосредоточившись на «профилактической функции» фагоцитов, Мечников продемонстрировал полную переориентацию своих научных занятий; ему удалось сформулировать первую хорошо согласованную теорию воспалительных процессов и иммунитета и таким образом стать основоположником современной патологии. Тщательная разработка эволюционной базы для его новых представлений, нашедшая отражение в его «Лекциях о сравнительной патологии воспаления», прочитанных в Пастеровском институте (1891), а также в работе «Невосприимчивость в инфекционных болезнях» (1901), принесла Мечникову Нобелевскую премию (совместно с немецким бактериологом Паулем Эрлихом).

Конец XIX в. был ознаменован резкими дебатами между защитниками фагоцитарной теории Мечникова и вновь появившимися сторонниками гуморального направления — такими, как Эмиль Беринг (Emil von Behring), Р. Кох и Пауль Эрлих. В то время, как теория Мечникова была построена на клеточной теории фагоцитов, гуморальная теория основывалась на химии антител и антигенов. Мечников придерживался сильной русской традиции, которая предполагала прежде всего чисто биологическую интерпретацию нормальных и патологических жизненных процессов. Приверженность к этой традиции особенно заметно сказалась в подходе Павлова к нейрофизиологическим проблемам.

В конфликте между фагоцитарной теорией, утвердившейся во Франции, и гуморальной теорией, распространенной в Германии, теория Мечникова утратила свое значение к концу XIX в. Однако научное сообщество продолжало считать Мечникова первым ученым, который сделал воспалительные процессы и иммунитет областью систематических и теоретически обоснованных экспериментальных исследований. В последние десятилетия XX в. фагоцитарная теория обнаружила явные признаки возрождения. Основание в 1970 г. международного журнала «Cellular Immunology» явилось свидетельством острого интереса к стержневым идеям научного наследия Мечникова в области патологии.

В опубликованной журналом «Nature» статье английский эволюционный биолог Рей Ланкестер (E. Ray Lankester) писал, что Мечников был «в особенном почете... у каждого зоолога в мире» [57, с. 443]. Сравнительно недавно Людвиг Флек признал, что именно Мечникову принадлежит мощная идея о том, что разделительная линия между физиологической и патологической деятельностью «не может быть с точностью проведена биологическим способом. Это означает, что различные явления находятся в одной цепи» [58, с. 86]. Жорж Кангилемм оценил значение готовности Мечникова к пониманию «обобщенной пользы, которую микробиология и теория естественного отбора извлекли из их долговременных отношений» [60, с. 115—116].

Группа современных историков иммунологии предложила новый взгляд на вклад Мечникова в развитие науки. Артур Силверстейн (Arthur M. Silverstein) показал, что многие проблемы не могут быть решены в рамках только гуморальной теории и приветствовал явные признаки возрождения клеточного направления, которое с каждым днем набирает силу [60; 61, с. 56]. Он видит будущее иммунологии в создании новой парадигмы, сочетающей два традиционных направления.

Идея сочетания двух общих теорий была не чужда Мечникову. В своей Нобелевской лекции в Стокгольме он утверждал: «Весь набор явлений, наблюдае-

мых при иммунитете, может быть сведен к ряду биологических фактов — таких, как чувствительность фагоцитов, их активное движение в направлении участка, которому угрожают микробы, и к ряду физических и химических действий, которые вызывают разложение и уничтожение носителей инфекции» [62, с. 43]. Дэниэл Тодес (Daniel P. Todes) заметил, что всестороннее рассмотрение Мечниковым воспалительных процессов преобладало над попытками ввести «гуморальное направление» в общий каркас его теории и не смогло помешать ему рассматривать фагоцитоз как центральное звено его теоретической конструкции [70, с. 97].

Альфред Таубер (Alfred I. Tauber) и Леон Черняк (Leon Chernyak) рассматривают Мечникова как первого исследователя, который сумел изменить направление поисков: он перешел от рассмотрения «особой роли защитных сил организма в метафизической формулировке к разворачиванию научной программы, основанной на хорошо подготовленном теоретическом базисе» [63, с. 175]. Русский ученый М. Г. Шубин отмечает, что новаторская роль Мечникова состояла в перенесении дарвиновских понятий адаптации и борьбы за существование на уровень клетки [64, с. 314].

## 11

На XV Международном конгрессе физиологов, который проходил в Ленинграде в 1935 г., У. Кэннон (W. V. Cannon) отдал дань уважения *Ивану Петровичу Павлову* (1849—1936), великому русскому физиологу, назвав его «некоронованным королем физиологии». Знакомство с этим ученым, его уникальным стилем экспериментальной работы и неортодоксальными идеями вышло далеко за пределы узкого научного сообщества, охватив широкий круг образованных людей во всех странах. Его идеи фигурировали в научных и методологических дискуссиях об отношениях между физиологией и психологией, материализмом и идеализмом в философии. В профессиональном и более широком смысле он является первооткрывателем структурного подхода к человеческому поведению, оригинальным исследователем этиологии и терапии психоневрозов.

В период 1890—1910 гг. Павлов находился в наивысшей точке своей творческой активности. В 1890-х гг. он был глубоко увлечен изучением физиологии пищеварительных желез, в котором основную роль играли методы изоляции исследуемых органов при помощи хирургии. Эти методы давали ему возможность проводить опыты, не умерщвляя животных, и именно за разработку этих методов он был удостоен Нобелевской премии в 1904 г. В своей научной работе Павлов руководствовался пониманием ведущей роли нервной системы в управлении и регуляции физиологических процессов. Главная сфера его интересов лежала в области нейрофизиологии — области, которая была непрерывно критикуема со всех сторон, весьма плохо разработана и служила полем сражения для претенциозных научных теорий, разного рода философских установок и идеологических течений.

В 1904 г. Павлов открыл новую фазу своих экспериментальных исследований: остаток своей долгой жизни он посвятил изучению формирования и динамики условных рефлексов, лежащих в основе поведения человека и животных. Не понадобилось слишком много времени для того, чтобы международное научное сообщество осознало новизну и перспективность разработок Павлова в этой области. Роберт Йеркс (Robert Yerkes), ведущий специалист по физиологии животных Йельского университета, отправил Павлову в 1909 г. письмо, в котором убеждал его написать обобщающий трактат по проблемам поведения животных. Павлов отвечал, что в данный момент не в состоянии выполнить такую работу, так как слишком занят изучением условных рефлексов, которые он рассматривает как единственно достоверную физиологию мозговой деятельности [65, с. 237—238].

Павлов рассматривал условные рефлексы как основу психической жизни. По его мнению, новая теория обеспечивала надежный базис объективного подхода к изучению наиболее загадочной области мозговых процессов. С его точки зрения это свидетельствовало о ниспровержении идеалистического направления в

нейрофизиологии и психологии. Он никогда не отказывался от идеи, что физиология высшей нервной деятельности была единственной научной психологией. За этими взглядами Павлова стояла давняя мощная русская традиция нейрофизиологического обоснования психологии. Вслед за Иваном Сеченовым, которого Павлов называл «отцом русской физиологии», он оценивал физиологию как «объективный» базис психологии. Он признавал, что решением заняться физиологическими исследованиями он обязан работе Сеченова «Рефлексы головного мозга», «блестящей и действительно неординарной для того времени» попытке дать субъективному миру чисто объективное объяснение.

В основании павловской неустанной работы по совершенствованию техники эксперимента и расширению области нейрофизиологических исследований находилось надежное и вполне состоятельное соответствие кардинальным принципам ньютоновской науки. В быстро развивающейся области нейрофизиологии Павлов проводил пять руководящих идей механистической ориентации.

Во-первых, он перевел ньютоновское понятие атомной структуры материи на язык рефлексивной теории поведения животных: чем являются атомы для неорганического мира, а клетки — для живой материи, тем для высшей первой деятельности и поведения животных являются условные рефлексы.

Во-вторых, он сделал «силу» одним из основных показателей «мощности» условных рефлексов; согласно «закону силы», мощность условного рефлекса зависит не только от внешней силы условного стимула, но также и от интенсивности безусловной, врожденной активности организма, с которой связан условный рефлекс. Некоторые последователи Павлова предприняли усилия для того, чтобы дать точную количественную формулировку закона силы для применения его к конкретным случаям, однако эти попытки не дали ожидаемых результатов. Нервная деятельность, с точки зрения Павлова, есть не что иное, как процесс поглощения, преобразования, анализа и синтеза аппаратом нервной системы внешних и внутренних форм энергии [66, с. 24].

В-третьих, при изучении поведения животных Павлов интерпретировал связи типа «стимул—реакция» как особое расширение причинно-следственных связей в физико-химическом мире.

В-четвертых, он полагал, что возбуждение и торможение объясняют основные процессы нервной деятельности так же, как притяжение и отталкивание атомов объясняет гравитацию.

В-пятых, он распространил на область нейрофизиологических явлений действие принципа равновесия — основного механического принципа, согласно которому каждую силу в точности уравновешивает равная ей и противоположно направленная сила. Согласно Павлову, процесс уравновешивания описывает взаимодействие условных и безусловных рефлексов, внешней среды и нервной системы, возбуждения и торможения. Все это и есть динамический принцип системы взаимодействия, представляющей работу нервной системы.

Некоторые последователи Павлова утверждали, что механическая модель их учителя не была простым повторением ньютоново-лапласовской парадигмы, так как она содержала эксперименты, несовместимые с механистической философией. Они подчеркивали, например, что в детерминистическом подходе Павлова рассматривались не только первичные, но и «конечные» причины, понимаемые не в метафизическом смысле — скорее, как целеполагание, чем как трансцендентные для живой природы причины [67, с. 126]. Они также отмечали, что в реальной лабораторной практике Павлов руководствовался не только строго предсказательными процедурами и жесткими моделями, но также и интуитивными предчувствиями. Согласно А. А. Ухтомскому, в то время как Декарт, отец механистического направления в биологии, рассматривал рефлексы как статические механизмы, сводимые к геометрическим принципам, Павлов рассматривал их как динамические явления, подчиненные законам эволюции [68, с. 672—673].

Павлов посвятил свои исследования прежде всего биологическому аспекту нервных процессов, которые он рассматривал как управляющий, координирующий и

интегрирующий механизм жизни животных во всей ее поразительной сложности. Однако он был достаточно осторожен в утверждении общей тенденции, указывающей, что следующий шаг развития принадлежит химическому и физическому анализу нервных клеток — области, где он мало работал. По его словам, «едва ли можно оспаривать, что настоящую теорию всех нервных явлений даст нам только изучение физико-химического процесса, происходящего в нервной ткани, и фазы которого дадут нам полное объяснение всех внешних проявлений нервной деятельности, их последовательности и связи» [69, с. 346]. Он утверждал, что природа и динамика возбуждения и торможения в нервной системе приблизилась к решениям, предлагаемым химией и в конечном счете физикой [69, с. 503].

Павлов получил всеобщую известность благодаря неустанным попыткам проследить естественные причины поведения человека и животных, а также благодаря своему оригинальному вкладу в разработку экспериментальной техники нейрофизиологического исследования. Даже некоторые из его последователей критиковали своего учителя за слабый интерес к тому, как теория рефлексов в том виде, как он ее постулировал, вписывается в более широкую область психологии.

## 12

Как и следовало ожидать, некоторые ученые старшего поколения, утвердившие свой высокий статус в международном научном сообществе до 1890 г., были деятельными и творчески активными, по крайней мере, в течение какой-то части двадцатилетнего периода 1890—1910 гг. Наиболее выдающимися представителями здесь были *Дмитрий Менделеев*, чей периодический закон химических элементов венчал достижения химии XIX в. и прочно связывал науку Ньютона и квантовую теорию; *Александр Ковалевский*, основатель эволюционной эмбриологии, чью работу похвалил Дарвин в «Происхождении человека»; Иван Сеченов, пионер нейрофизиологической психологии, и Климентий Тимирязев, внесший весомый вклад в физическое изучение фотосинтеза.

Список русских ученых, которые приобрели совершенно новый, порывающий со старыми основами исследовательский опыт в период 1890—1910 гг. и получили международное признание и после 1910 г., длинен и впечатляющ. В него входят среди прочих *А. Н. Северцов* (теория эволюционной биологии), *С. А. Чаплыгин* (аэромеханика) и *В. И. Вернадский* (пионер изучения биосферы).

Среди самых заметных фигур русской науки в этот период *С. И. Коржинский* занимает особое место [70, гл. 41]. В 1899 г. он опубликовал большой очерк, в котором подробно рассматриваются основные принципы оригинальной теории гетерогенеза, критикующей дарвиновские идеи непрерывности и борьбы за существование в эволюции форм жизни. Годом позднее де Фриз, голландский биолог, опубликовал свое монументальное исследование «Die Mutationslehre», где он высказал свое согласие с основополагающими принципами новой теории Коржинского. Теория мутаций, давшая новую и плодотворную жизнь менделевской генетике, стала главным поворотным пунктом в современной истории эволюционной идеи в биологии. Де Фриз не забыл упомянуть Коржинского в числе создателей теории мутаций [71, с. 50]. Болезнь и ранняя смерть в 1900 г. не позволили Коржинскому более глубоко разработать свою теорию и привести неоспоримые доказательства в ее пользу, основанные на наблюдениях и экспериментах.

## 13

XII Съезд русских естествоиспытателей и врачей был создан в Москве в конце декабря 1909 — начале января 1910 г. Д. Н. Анучину, известному географу и антропологу, было дано поручение сделать общий обзор последних событий на научном фронте России. Он представил сдержанно оптимистическую картину как роста научного знания, так и институтов, ведущих научные исследования. Он сказал, однако, что более энергичному и многостороннему развитию науки на Западе способствовали три типа условий: долгая и устойчивая интеллектуальная традиция, которая поддерживала и отдавала должное научной деятельности; тес-

ная взаимосвязь науки и практики; относительно высокий уровень разделения труда в научных занятиях, который обеспечивал специализацию и формирование научных школ, основанных выдающимися учеными, в ведущих учебных центрах [73, с. 6—9].

Многие другие члены русского научного сообщества были согласны с тем, что, несмотря на существенный вклад во многие сферы науки, Россия продолжала отставать от Запада в развитии научного знания. Различные комментаторы предлагали различные объяснения феномену этого отставания. Химик В. В. Марковников считал, что частые и радикальные изменения в идеологическом управлении университетами мешали установлению длительных и глубоко укорененных традиций отношения нации к науке. Если построение немецких университетов происходило постепенно и непрерывно по своим оригинальным уставам, которые определяли их внутреннюю организацию и место в обществе, то русские университеты сменили в течение XIX в. четыре устава, каждый из которых представлял собой идеологический антитезис непосредственно предшествующему [74]. Устав 1863 г. был на удивление щедр в смысле гарантий институциональной защищенности академической автономии; устав 1884 г. ознаменовал собой триумф тотального отрицания академической автономии.

Биолог Н. К. Кольцов полагал, что относительно медленное развитие науки в России явилось результатом практически полного отсутствия юридической защиты по отношению к членам научного сообщества. Он утверждал, что университетские профессора были подвергнуты всем видам неприятностей со стороны различных уровней правительственной бюрократии. Кольцов писал: «Улучшение правового положения профессуры — условие, совершенно необходимое для развития русской науки. Если это условие не будет выполнено, то никакие материальные подачки, ни устройство великолепных лабораторий не будут в состоянии поднять развитие русской науки» [75, с. 1034].

Многие профессора считали, что мстительность правительственной полиции отнюдь не способствовала прекращению студенческих беспорядков, нарушавших нормальное функционирование университетов как научно-исследовательских центров. Историк П. Г. Виноградов выразил свои чувства, утверждая, что университетский устав 1884 г. был, скорее, политической, чем образовательной мерой [76, с. 540]. Другой историк, М. Ростовцев, считал, что недостаточность международных научных связей способствовала крайней изолированности русского научного сообщества, его отрыву от ведущих мировых центров научной мысли [77, с. 78—80].

Упорные попытки убедить или заставить правительство прекратить полицейские репрессии привели к тому, что университетские профессора сочли неудобным писать о происходившем росте национальных научных достижений. Они предпочитали писать об официальной образовательной политике как о зловещей угрозе самим занятиям и духу научной деятельности. Необходимо также отметить, что научные достижения 1890—1910 гг. не выглядели для современников такими впечатляющими, как это было для последующих поколений. Некоторые ведущие ученые, например Цвет и Ивановский, не сразу получили признание. Имя Жуковского завоевало надежный и почетный статус в аэродинамике только тогда, когда сложился всеобъемлющий базис для рассмотрения этой дисциплины в перспективе исторического развития. Только в XX в. научная эрудиция освоилась с тем богатством идей, которые содержались в работах Маркова и Ляпунова.

Мечников был прав, когда жаловался на политику царского правительства, объявившего открытую войну свободному духу научного исследования. Однако он не был прав в своем пессимистическом взгляде на ситуацию русской науки конца XIX в. Он еще не знал того, что многие ученые, ободренные «духом 1860-х гг.», не только были открыты для непрерывного потока научных идей, идущих с Запада в научные центры России, но также и сами открывали новые области научных исследований. Последнее хорошо иллюстрируется примерами значительных вкладов русских ученых в аэродинамику, теорию вероятностей, вирусологию, по-



чвенную бактериологию, нейрофизиологию, хроматографию, эволюционную иммунологию. Мечников также недооценил тот факт, что роль правительства отнюдь не была только негативной: создавая новые исследовательские центры, правительство расширяло и увеличивало число областей, в которых велись научные исследования. Некоторые из этих новых центров, не связанные глубоко с механистическими и ньютоновскими взглядами, играли ведущую роль в принятии Россией идей, порожденных научной революцией XX в. Однако горько разочарованный в положении науки в России в конце века, Мечников все же смотрел в будущее с неистощимым оптимизмом.

*Перевод с английского Д. С. Медовникова*

### Список литературы

1. Мечников И. И. Этюды оптимизма. М., 1964.
2. Мечников И. И. Страницы воспоминаний. М., 1946.
3. Меншуткин Б. Н. Жизнь и деятельность Николая Александровича Меншуткина. Спб., 1908.
4. Омелянский В. Л. Развитие естествознания в России в последнюю четверть века // История России в XIX веке. Спб., 1907. Т. 9.
5. Вернадский В. И. Очерки и речи. Пг., 1922. Т. 2.
6. Pais A. «Subtle is the Lord...»: The Science and the Work of Albert Einstein. Oxford, 1982.
7. Hadamar J., Predict M. Sur les probabilités yén chainé // Oeuvres des Jacques Hadamar. P., 1968. Т. 4.
8. Gnedenko B., Khinchin A. Ya. An Elementary Introduction to the Theory of Probability / Tr. L. F. Boron. N. Y., 1962.
9. Cramer H. Randon Variabilities and Probability Distributions. Cambridge, Eng., 1937.
10. Cramer H. The Elements of Probability Theory and Some of Its Applications. N. Y., 1955.
11. Юшкевич А. П. История математики в России до 1917 г. М., 1968.
12. Гнеденко Б. В. Развитие теорий вероятностей в России // Тр. ИИЕТ. М., 1948. Т. 2.
13. История отечественной математики / Отв. ред. И. З. Штокало. Киев, 1967. Т. 2.
14. Kopal Zd. Darwin, George Howard // Dict. of Scient. Biog. Vol. 3. 1971.
15. Poincaré H. Lecons sur les hypotheses cosmographiques. P., 1913.
16. Смирнов В. И. Из переписки П. Аппеля, Ж. Адамара, Г. Бургхардта, В. Вольтерра, П. Дюгема, С. Жордана, А. Пуанкаре и Н. Радо с академиком А. М. Ляпуновым // Тр. ИИЕТ. М., 1957. Т. 19.
17. Temple G. 100 Years of Mathematics. N. Y., 1981.
18. Comprehensive Dissertation Index: 1961—72, 1973—82, 1983—87. Ann Arbor, Mich., 1962.
19. Siljak D. D. Aleksandr Michailovich Liapunov (1857—1918) // Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control. June. 1976.
20. Axelby G., Parks P. S. Lyapunov Centenary // Automatica. Vol. 28. № 5. 1992.
21. Giacomelly R. E. Pistolesi. Historical Sketch // Ed. W. F. Durand. B., 1934. Vol. 1.
22. Kosmodemyansky A. Nicolai Zhukovsky / Tr. from the Russian by O. Glebov. M., 1987.
23. Вернадский В. И. Труды по истории науки в России. М., 1988.
24. Klein F. Vorlesungen uber die Entwicklung der Mathematik in 19 Jahrhundert. B., 1926. Vol. 1.
25. Hilton H. Mathematical Crystallography and the Theory of Groups of Movements. N. Y., 1963.
26. Laue M. von. History of Physics / Tr. from the German by R. Oeser. N. Y., 1950.
28. Corbeiller Ph. de Crystals and the Future of Physics // The World of Mathematics / Ed. J. R. Newman. N. Y., 1956. Vol. 2.
28. Федоровские группы — универсальный закон природы // Природа. 1991. № 12. С. 20—21.
29. Вульф Г. В. Строение, внешний вид и правильная установка кристаллов // Дневник XII Съезда русских естествоиспытателей и врачей. Секция 1. М., 1910.
30. Лазарев П. П. П. Н. Лебедев и русская физика // Временник Общества содействия успехам опытных наук и их практических приложений X. С. Леденцова. 1912, № 2.
31. Лазарев П. П. Памяти великого русского физика // Природа. 1917. № 4.
32. Capek M. The Philosophical Impact of Contemporary Physics. N. Y., 1961.
33. Tswett M. S. On the New Category of Adsorption Phenomena and Their Application to Biochemical Analysis // First Paper on Chromatography / Ed. G. Hesse, H. Weil. Eschwege, Ger., 1954. P. 7—20.
34. Zechmeister L., Chohnoky L. Principles and Practice of Chromatography / Tr. from the German by Bacharach A. L., Robinson F. A. L., 1950.
35. Williams T. J. Tswett Michel // A. Biographical Dictionary of Scientists / Ed. T. I. Williams. L., 1982. P. 520—521.

36. *Hefiman E.* Chromatography. N. Y., 1966.
37. *Сенченкова Е. М.* Михаил Семенович Цвет (1872—1919). М., 1973.
38. *Измайлов Н. А., Шрайбер М. С.* Капельно-хроматографический метод анализа и его применение в фармации // Фармация. 1938, № 3.
39. *Randerath K.* Thin-Layer Chromatography. N. Y., 1966.
40. *Zechmeister L.* Michail Tswett — The Inventor of Chromatography // ISIS. 1946. Vol. 36. Pt. 2. № 104. P. 108—109.
41. *Новикова М. А.* Дмитрий Иосифович Ивановский // Люди русской науки: биол., мед., с.-хоз. науки / Под редакцией И. В. Кузнецова. М., 1963. С. 319—329.
42. *Iwanovski D. I.* Concerning the Mosaic Disease of the Tobacco Plant // Phytopathological Classics. 1942. № 7. P. 27—30.
43. *Stanley W. M.* Soviet Studies in Viruses // Science. 1944. Vol. 99. P. 136—138.
44. *Рыжков В. Л.* Краткий очерк истории изучения вирусов // Тр. ИИЕТ. 1961. Т. 36. С. 315—325.
45. *Максимов Н. А.* Жизнь и научная деятельность Д. И. Ивановского // Памяти Дмитрия Иосифовича ивановского. М., 1952. С. 7—21.
46. *Dmitrii Iwanovskii* // Phytopathological Classics. 1942. № 2. P. 25—26.
47. *Waksman S. A.* Sergei Winogradsky. New Brunswick, N. J., 1953.
48. *Гутина В. Н.* Сергей Николаевич Виноградский // Люди русской науки: био., мед., с.-хоз. науки (Под ред. И. В. Кузнецова). М., 1963. С. 274—287.
49. *Имшенецкий А. А. С. Н.* Виноградский и его творчество // Виноградский С. Н. Микробиология почвы. М., 1952. С. 3—18.
50. *Заварзин Г. А.* Сергей Николаевич Виноградский // Хемосинтез: К 100-летию открытия С. Н. Виноградским (Под ред. М. В. Иванова). М., 1989. С. 5—21.
51. *Bulloch W.* The History of Bacteriology. N. Y., 1938.
52. *Waksman S. A.* Principles of Soil Microbiology. Baltimore, 1932.
53. *Vicinich A.* Science in Russian Culture, 1861—1917. Stanford, Cal., 1970.
54. *Виноградский С. Н.* Микробиология почвы. М., 1952.
55. *Виноградский С. Н.* О роли микробов в общем круговороте жизни. Спб., 1897.
56. *Мечников И. И.* Страницы воспоминаний. М., 1946.
57. *Lanckester E. R.* Elias Metchnikoff // Nature. 1916. Vol. 97. P. 443—446.
58. *Fleck L.* Genesis and Development of a Scientific Fact. Chicago, 1979.
59. *Canguilhem G.* Ideology and Rationality in the History of Life Sciences / Tr. from the French by A. Goldhammer. Cambridge, Mass., 1988.
60. *Silverstein A. M.* History of Immunology — Cellular Versus Humoral Immunity // Cellular Immunology. 1979. Vol. 48. P. 208—221.
61. *Silverstein A. M.* A History of Immunology. San Diego, Cal., 1989.
62. *Besredka A.* The Story of an Idea — E. Metchnikoff's Work. Bend, Oregon, 1979.
63. *Tauber A. I., Chernyak L.* Metchnikoff and the Origins of Immunology. From Metaphor to Theory. N. Y., 1991.
64. *Шубин М. Г.* Два этапа синтеза биологии и медицины: Вирхов и Мечников // Химия и мировоззрение / Под ред. Ю. А. Овчинникова. М., 1986. С. 300—315.
65. *Essential Works of Pavlov* / Ed. M. Kaplan. N. Y., 1966.
66. *Петрушевский С. А.* Рефлекторная теория // Вестник АН. 1949. № 9. С. 24—40.
67. *Самойлов А. Ф.* Общая характеристика исследовательского облика И. П. Павлова // И. М. Сеченов, И. П. Павлов, Н. Е. Введенский. Физиология нервной системы. Вып. 1. М., 1952. С. 118—130.
68. *Ухтомский А. А.* Великий физиолог: памяти И. П. Павлова // Там же. Вып. 4. С. 669—673.
69. *Павлов И. П.* Полное собрание трудов. М.; Л., 1949. Т. 3.
70. *Todes D. P.* Darwin without Malthus: The Struggle for Existence in Russian Evolutionary Thought. N. Y., 1989.
71. *Vries H. de.* Die Mutationslehre. T. 1. Lpz., 1901.
72. *Vicinich A.* Darwin in Russian Thought. Berkeley, Cal., 1988.
73. *Анучин Д. Н.* Русская наука и съезды естествоиспытателей // Дневник XII Съезда русских естествоиспытателей и врачей. М., 1910. С. 1—18.
74. *Марковников В. В.* Исторический очерк химии в Московском университете // Ломоносовский сборник: материалы для истории развития химии в России. М., 1901. С. 1—281.
75. *Кольцов Н. К.* Национальная организация науки // Природа. 1915. № 7—8. С. 1017—1040.
76. *Виноградов П. Г.* Учебное дело в наших университетах // Вестник Европы. 1901. № 10. С. 537—573.
77. *Ростовцев М.* Международное научное общение // Русская мысль. 1910. № 3. Отд. 2. С. 74—81.
78. *Kuethе A. M., Schetzer J. D.* Foundations of Aerodynamics. N. Y., 1950.
79. *Mises R. von.* Theory of Flight. N. Y., 1945.