

Редакционная коллегия:

В. В. Бабков, Вл. П. Визгин, В. А. Волков, В. Л. Гвоздецкий,
В. Г. Горохов, С. С. Демидов, Г. М. Добров, Ю. А. Жданов,
С. Г. Кара-Мурза, В. П. Карцев, С. П. Капица, В. Ж. Келле, Б. И. Козлов,
В. И. Корюкин, В. И. Кузнецов, А. М. Кулькин, Л. А. Маркова,
С. Т. Мелюхин, В. М. Орел, С. Я. Плоткин, Л. С. Полак,
А. И. Половинкин, Б. В. Раушенбах, И. А. Резанов, В. Н. Сокольский,
А. Л. Тахтаджян, Д. Н. Трифонов, А. Н. Шамин,
Б. Г. Юдин (зам. главного редактора), М. Г. Ярошевский

Адрес редакции: Москва, 103012, Старопанский пер., 1/5.

Телефоны: 228-11-90, 924-45-40, 228-10-29

Заведующая редакцией *М. М. Королёва*

РУССКАЯ НАУКА НАКАНУНЕ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ

П. В. ВОЛОБУЕВ

Исследование вопроса о характере и общих итогах развития русской науки к 1917 г. имеет прежде всего историко-познавательное значение, поскольку раскрывает перед нами, так сказать, последнюю страницу в почти двухвековой истории отечественной научной мысли дореволюционного периода. Оно позволяет также правильно оценить то научное наследие, какое получила страна Советов, и соответственно ее исходную базу¹. И как ни далеко ушла вперед за 70 лет советская наука, многие ее основные проблемы и направления уходят корнями в предреволюционное время, связанное с именами тех, кто, как говорилось на Всесоюзном совещании заведующих кафедрами общественных наук (1—3 октября 1986 г.), продемонстрировал «остроту в науках», необходимую для того, чтобы — подчеркивал на упомянутом совещании М. С. Горбачев — «формировать, воспитывать, культивировать способность... мыслить самостоятельно» (Правда, 1986, 2 окт.).

В данной статье предпринята одна из первых в нашей историографии попыток воссоздать обобщающую картину развития науки в России в начале XX в., взаимодействия ее основных факторов и, главное, достигнутого к 1917 г. уровня на примере математики, естественных и технических наук.

* * *

К 1917 г. система организации научно-исследовательской деятельности включала Петербургскую академию наук, университеты и специальные (технические, сельскохозяйственные и медицинские) учебные институты, научные общества, немногочисленные лаборатории ведомств и промышленных предприятий и различные ведомственные и межведомственные ученые комитеты и комиссии. Высшим научным учреждением страны являлась Академия наук (по терминологии того времени — «первенствующее ученое сословие»). В ее составе имелось 5 лабораторий, 7 музеев, 1 институт (Русский археологический институт в Константинополе), Пулковская астрономическая обсерватория с двумя отделениями, Главная физическая обсерватория как центральное учреждение метеорологической службы страны и 21 комиссия². В первые десятилетия XX в. исследовательская база Академии наук существенно расширилась, частично окрепла и материальная база, увеличился контингент ее науч-

¹ Лучший в нашей литературе обзор состояния естествознания в России к 1917 г. дан в работе [3].

² В 1917 г. в составе Академии наук открылся еще один гуманитарный институт — Кавказский историко-археологический в составе четырех сотрудников [4, с. 104].

ного персонала (по штатам 1912 г. он составлял 153 человека, в том числе 46 академиков) [5, с. 460—461; 6, д. 2, л. 243]. Ученые Академии лидировали в области математики, астрономии, сейсмологии, частично геологии и некоторых других наук.

Основными научными центрами и главными двигателями науки были университеты и высшие специальные школы. В 1916 г. в России имелось 10 университетов, 17 технических, 10 сельскохозяйственных и лесных, 6 медицинских, 4 ветеринарных, 6 коммерческих, а всего 100 высших учебных заведений. Численность профессоров и преподавателей в них составляла 6655 человек, причем 61,2% приходилось на университеты, высшие технические, сельскохозяйственные и медицинские учебные заведения [7, с. 35]³.

Исследовательская работа в высших учебных заведениях была сосредоточена на кафедрах и лабораториях, а в начале XX в. при некоторых университетах стали открываться и институты. В период между двумя русскими революциями (1905 и 1917 гг.) как старые, так и новые учебные заведения обзавелись новыми лабораториями, кабинетами и институтами, неплохо по тому времени оборудованными, в связи с чем заметно возрос объем проводившихся в них научных исследований. Так, в 1902 г. Н. Е. Жуковский построил при Московском университете первую в России аэродинамическую трубу, в 1903 г. была завершена постройка и переоборудование Астрономической обсерватории, благодаря чему она стала одной из лучших в Европе, в 1904—1905 гг. было построено новое здание Физического института со специальной физической лабораторией для П. Н. Лебедева [9, с. 386—387; 10, с. 750; 11, с. 301]. Энергично укрепляли в тот период свою материально-экспериментальную базу и другие университеты (прежде всего Петербургский), высшие технические и сельскохозяйственные учебные заведения. С этими прогрессивными изменениями связано и превращение, например, Московского сельскохозяйственного института в Петровско-Разумовском в крупнейший по тому времени учебный и научный центр.

Исследовательскую работу выполняли профессора и преподаватели при активном участии передовой творческой части студенчества. Поэтому во многих лабораториях и кабинетах работали не одиночки-исследователи, как в недавнем прошлом, а небольшие коллективы исследователей. Следует, однако, заметить, что исследовательскую работу вели далеко не все профессора. Отрицательно сказывалась, в частности, перегрузка профессуры учебными занятиями в ущерб научным, то, что П. Н. Лебедев справедливо назвал «крепостной зависимостью» русских ученых, желавших заниматься «чистой» наукой, от учебных заведений [12].

Такая новая организационная форма исследовательской деятельности («яркое проявление научной жизни нашего времени — XX века» [13, с. 45]), как специализированный научно-исследовательский институт, не получила к 1917 г. в России сколько-нибудь значительного развития. Предпринятая в 1911 г. учеными Академии наук попытка заручиться государственной поддержкой и создать в составе Академии современный исследовательский институт с тремя отделами (физики, химии и минералогии), присвоив ему имя М. В. Ломоносова, не увенчалась успехом [17, с. 297—299]. Но те институты, которые начали действовать в конце XIX и начале XX в. (Институт экспериментальной медицины или созданный на частные средства как научное и высшее учебное заведение Психоневрологический институт), успели зарекомендовать себя как авторитетные центры научной мысли. По сути исследовательским научно-техническим институтом, занявшим ведущее положение в области метрологиче-

³ По данным ЦСУ, в 1914—1915 гг. в России (в современных границах СССР) было 105 высших учебных заведений и 127 тыс. студентов в них [8, с. 231].

ской науки, стала с 1893 г. Главная палата мер и весов, создателем и первым управляющим которой был Д. И. Менделеев.

Крупную роль в развитии русской науки продолжали играть научные общества. До начала XX в. они были в основном универсального типа — функционировали, как правило, при университетах, чаще всего столичных, объединяя ученых, студентов и любителей-непрофессионалов. Многие из них, например Московское общество испытателей природы — одно из старейших и популярнейших в России, Вольное экономическое общество, Русское географическое общество, ставили и решали научно-организационные и исследовательские задачи (путем организации экспедиций, конкурсов, издания трудов и т. п.). При некоторых обществах имелись собственные, обычно небольшие исследовательские лаборатории. В области технических наук объединяющим центром стало Русское техническое общество. Для начала XX в. характерной чертой в развитии этой формы организации научной общественности стал переход от обществ универсального типа к специализированным обществам по отдельным отраслям науки, объединявшим только ученых-профессионалов. Такими чисто профессиональными обществами были Московское математическое общество, Физическое общество им. П. Н. Лебедева, Общество российских физиологов им. И. М. Сеченова, Русское ботаническое общество, Ломоносовское физико-химическое общество в Москве, Русское астрономическое общество и др. За период с 1900 по 1917 г. только в Петрограде и Москве было создано свыше 80 научных обществ [14, с. 26—27]. К 1917 г. их общее число превысило 300 [15, с. 67].

Научные ячейки при министерствах и ведомствах (Горный ученый комитет, Геологический комитет и др.) обслуживали практические нужды этих ведомств. В систему научных учреждений входили также библиотеки и музеи, поскольку их сотрудники помимо обслуживания посетителей и читателей занимались и научной работой.

Заводская наука в дореволюционной России находилась еще на стадии зарождения. Лишь на немногих крупных предприятиях (металлургических, машиностроительных, судостроительных, химических, сахарных, текстильных и других) имелись лаборатории и конструкторские бюро, в которых осуществлялись важные научно-технические исследования и разработки.

В начале XX в. заметно возросло научное и общественное значение съездов деятелей науки и техники. Помимо традиционных периодически собиравшихся Всероссийских съездов естествоиспытателей и врачей регулярно проводились электротехнические съезды, менделеевские съезды по общей и прикладной химии, по практической геологии и разведочному делу и др. Общая численность научных работников составляла в 1913 г. 11,6 тыс. человек [8, с. 301].

Характерной чертой организации науки в дореволюционной России была сверхконцентрация ее в немногих центрах, хотя в начале XX в. наблюдалась тенденция к распространению ее вширь. В частности, были созданы высшие учебные заведения за пределами старых университетских центров (университет в Саратове, сельскохозяйственный институт в Воронеже и т. д.), новые опорные пункты научной деятельности (значительно расширилась сеть казенных сельскохозяйственных опытных станций), экспедиционные исследования Академии наук, научных обществ и ведомств распространились на новые регионы (главным образом на Арктику и Азиатскую Россию). Тем не менее большая часть научных учреждений и высших учебных заведений была сосредоточена в столицах — Петербурге и Москве. Так, в 1913 г. в Петербурге было 22 научно-исследовательских учреждения разного типа, а общее число вузов в 1914/15 учебном году достигало 35 [4, с. 107—108]. Помимо столиц научными центрами являлись также и другие университетские города — Харьков, Киев, Дерпт, Одесса, Варшава, Томск. На огромных просторах

Сибири редкими очагами науки были университет, технологический институт и высшие женские курсы в Томске, Институт восточных языков во Владивостоке, Физическая обсерватория в Иркутске да отделы Русского географического общества в ряде сибирских городов. На Кавказе, в Казахстане и Средней Азии не было ни одного высшего учебного заведения. Наука здесь была представлена отделениями Русского географического и технического обществ и местными обществами врачей.

Уже при самом кратком анализе состояния организации русской науки и количественного состава научных учреждений и их кадров вскрываются серьезные недостатки и узкие места в ее развитии, свидетельствующие о ее значительном отставании в этом отношении от науки передовых стран Запада. Система организации науки в России складывалась стихийно, а ее рациональная общенациональная организация, по сути, отсутствовала. Разобщенность научных учреждений и кадров, их малочисленность, дублирование в работе были хроническими недугами русской науки, что не позволяло ей соответствовать объективным потребностям страны, задаче преодоления ее технико-экономической отсталости. Например, университетов в России было в 2 с лишним раза меньше, чем в Германии.

Научные учреждения были в большинстве случаев небольшими как по объему проводимых исследований, так и по количеству научных работников. Штат химической лаборатории Академии наук состоял, не считая возглавлявшего ее академика, из двух-трех лаборантов и служащего [5, с. 539]. Персонал Института экспериментальной биологии, принадлежавшего обществу Московского научного института, — из директора и трех ассистентов [16, с. 19]. Частный аэродинамический институт в Кучино в своем штате имел директора, трех лаборантов, шесть высококвалифицированных и несколько вспомогательных рабочих [6, д. 1, л. 413 об.].

Ускорившийся в России с начала XX в. рост научных учреждений не поспевал за прогрессом науки. В особенно трудном положении оказались Академия наук и казенные университеты, скованные устаревшими уставами и штатными расписаниями. Так, Н. К. Кольцов в 1909 г. отмечал, что в составе русских университетов нет кафедр математической физики, физической химии, бактериологии, эмбриологии, экспериментальной морфологии, палеонтологии, физиологии животных и др. [14, с. 22]. Ученым приходилось искать всевозможные обходные пути, чтобы обеспечить развитие этих наук.

Слабое развитие, а точнее почти полное отсутствие промышленных научно-исследовательских учреждений обусловило отставание прикладных исследований и инженерно-технических разработок. Свойственная русской науке слабая связь с производством не была преодолена, хотя в период первой мировой войны в этом отношении были сделаны известные шаги в химической, электротехнической и некоторых других отраслях промышленности.

Передовые русские ученые еще в начале XX в. осознали необходимость общенациональной организации науки и научной деятельности. Одним из первых с идеей общегосударственной организации науки выступил акад. В. И. Вернадский. В сделанном в декабре 1916 г. на заседании Комиссии по изучению естественных производительных сил России (КЕПС) докладе «О государственной сети исследовательских институтов» он суммировал свои взгляды по этому вопросу и придал им стройную, законченную форму [13, с. 26—31]. Стержнем общенациональной организации науки, по мысли В. И. Вернадского, должна была стать именно государственная сеть исследовательских институтов.

Хотя в условиях дореволюционной России эти новаторские проекты не могли быть осуществлены, однако само их появление и первые попытки их реализации свидетельствовали, во-первых, о том, что само внут-

ренное развитие русской науки подготовило переход к системе специализированных научно-исследовательских институтов, и, во-вторых, что Россия переживала те же научно-организационные процессы, что и более передовые в техническом отношении страны.

Особенно вопиющим было отставание России по численности ученых. В этом отношении она замыкала список европейских государств, причем нехватка научных кадров с каждым годом ощущалась все острее. Так, численность профессоров и преподавателей в 10 русских университетах за десятилетие, с 1904 по 1913 г., выросла, по нашему подсчету, всего на 14% (с 1205 до 1374 человек) [7, с. 32]. В 1916 г. во всех университетах страны было всего 17 стипендий для подготовки к профессорскому званию [7, с. 30]. Не удивительно, что, по официальным данным, с 1904 по 1913 г. во всех университетах России защитили диссертации на степень доктора наук 491 и на степень магистра — 345 человек. В результате количество защитивших докторские диссертации в начале XX в. оказалось меньше, чем за первое десятилетие после университетской реформы 1863 г. [7, с. 33—34]. Сам министр народного просвещения Л. А. Кассо признал в начале 1911 г., что в 10 русских университетах имелось из-за отсутствия профессоров 112 свободных кафедр [18].

Чтобы получить представление о численности научных сил России по сравнению со странами Запада, приведем следующие данные. Если в России численность научно-педагогических работников в 1913 г. составляла 11,6 тыс., то в США в 1910 г. почти втрое больше — 33,6 тыс. [37, с. 23]. По данным акад. П. И. Вальдена (за основу бралась численность членов крупных химических обществ), в 1912 г. в России было 414 химиков, почти в 15 раз меньше, чем в США, в 8 раз меньше, чем в Германии и Англии, и в 2,5 раза меньше, чем во Франции [19, с. 88] (подсчет наш. — П. В.). Еще худшее соотношение (если использовать тот же метод расчетов) наблюдалось у физиков, которых в 1917 г. было всего 233 человека [11, с. 326]. В свою очередь, известный геолог В. А. Обручев сравнил численность штатов Геологического комитета с ситуацией, при которой Швеция имела бы всего 1 геолога [20, с. 25—26].

Бесспорно, недостаток научных кадров в России сдерживал научно-технический прогресс и стал особенно нетерпим в условиях начавшейся новейшей революции в естествознании. Вместе с тем следует подчеркнуть сильную сторону русской науки — высокую профессиональную квалификацию и творческую активность деятелей науки.

* * *

Каковы же общие итоги развития русской науки к 1917 г.? Естествознание в целом, в особенности теоретическое, в 1900—1917 гг. находилось на общемировом уровне. Еще в 1911 г. акад. В. И. Вернадский отмечал, что русские ученые-естествоиспытатели, несмотря на неблагоприятные условия работы, «стали... рядом, как равные по силе со своими товарищами на Западе и за океаном» [21, с. 328—329]. По его оценке, в последнее десятилетие XIX в. и в первое десятилетие XX в. в России наблюдался «расцвет научной мысли и научной культуры» [21, с. 340]. В советское время С. И. Вавилов, ретроспективно оценивая достигнутый к 1917 г. уровень русской науки, отмечал, что ее «качество... за последнее десятилетие перед революцией было очень высоким», Россия имела «много замечательных ученых и могла гордиться длинной чередой важнейших открытий и изобретений» [22, с. 738, 735]. Поэтому об отставании естественнонаучной и технической мысли в России по сравнению с Западом говорить не приходится. Напротив, в разработке ряда важнейших проблем естествознания и техники она нередко опережала зарубежную.

Новейшая революция в естествознании, происходившая на рубеже XIX и XX вв., во многом изменила ситуацию и в русской науке. С одной

стороны, русские ученые своими открытиями внесли собственный вклад в революционную ломку старых, классических представлений о мире, а с другой — сами испытали ее стимулирующее воздействие. Не обошлось и без болезненных издержек общего роста науки — оживления философского идеализма в естествознании, усиления методологических и идейных шатаний, хотя усиление идейной борьбы между материализмом и идеализмом в среде естествоиспытателей в конечном счете способствовало укреплению материалистических традиций в русской науке.

В самом общем обзоре результатов, полученных русскими учеными, можно сказать следующее.

Главенствующую роль в развитии русской математики продолжала играть петербургская математическая школа П. Л. Чебышева. В начале XX в. ее представляли такие блестящие математики, как А. М. Ляпунов, А. А. Марков, В. А. Стеклов. В их трудах получили дальнейшее развитие проблемы математического анализа, математической физики, теории чисел и теории вероятностей.

Блестящий математик, инженер и кораблестроитель А. Н. Крылов работал в области дифференциальных уравнений математической физики и теории колебаний упругих систем. Им же, как известно, разработана теория корабля.

В конце XIX — начале XX в. в Москве на базе Московского математического общества сформировалась выдающаяся по своему значению дифференциально-геометрическая школа. Крупным событием было создание в предвоенные годы Н. Н. Лузиным и Д. Ф. Егоровым новой московской школы математиков, разрабатывавшей теорию функций действительного переменного. В 10-х годах XX в. в Киеве складывается алгебраическая школа, идейным вдохновителем и организатором которой был Д. А. Граве (из нее вышел выдающийся советский математик-алгебраист О. Ю. Шмидт). Центром геометрической школы стала Казань. Первые ценные исследования теории наилучшего приближения функций осуществил в Харьковском университете С. Н. Бернштейн.

В целом русская математика к 1917 г. занимала по ряду разделов (теории вероятностей и теории чисел) первое место в мире.

Фундаментальные открытия были сделаны русскими учеными в области механики. Наряду со сложившимися московской и петербургской школами начали формироваться новые научные школы в других университетских центрах — Казани, Киеве, Одессе. Н. Е. Жуковский и его ученик С. А. Чаплыгин своими трудами в области гидродинамики и аэродинамики создали в Москве одну из крупнейших школ механики.

Русские ученые выступили пионерами и в новой области механики — механики тел переменной массы и теории реактивного движения. Труды зачинателя этой новой главы механики И. В. Мещерского были по достоинству оценены лишь с началом космической эры.

В это же время К. Э. Циолковский разрабатывал проблемы движения ракет и реактивных приборов. Вышедшее в 1903 г. его «Исследование мировых пространств реактивными приборами» заложило теоретические основы ракетодинамики, открыло реальные перспективы изучения космоса и покорения Вселенной.

Физика занимала в отечественном естествознании более скромное место. Но все же в конце XIX и начале XX в. появились первые научные школы. Основатель московской школы физиков П. Н. Лебедев прославил свое имя тончайшими экспериментами по измерению светового давления на твердые вещества (1899—1900), а затем и на газы (1907). Организованный им физический коллоквиум (впоследствии переросший в Физическое общество его имени) стал мозговым центром московской школы физиков. Из школы П. Н. Лебедева вышли такие физики, как П. П. Лазарев, С. И. Вавилов, В. К. Аркадьев. Уход П. Н. Лебедева в 1911 г. из Московского университета и его преждевременная смерть

были тяжким ударом для русской физики. По словам К. А. Тимирязева, в лебедевской лаборатории воцарились «мерзость и запустение» [9, с. 408].

Высокого уровня развития, прежде всего благодаря трудам акад. Б. Б. Голицына, достигла русская сейсмология. Сконструированный им сейсмограф — «столь точный прибор, что он сделал в сейсмологии целую эпоху» [23, с. 178]. Он оборудовал сейсмические станции в России и за границей.

В области физики твердого тела крупнейшие результаты были получены основателем металлографии Д. К. Черновым и знаменитым русским кристаллографом Е. С. Федоровым. Установленные последним основы теоретического анализа структуры кристаллов и законы построения кристаллической решетки сохраняют свое значение и в наши дни. Заметный вклад внесли русские ученые и в такую сравнительно молодую отрасль физики, как учение об электромагнитных колебаниях, и в электротехнику. Выдающимся достижением русской науки стало изобретение А. С. Поповым в 90-х годах XIX в. радиосвязи.

Проявляли русские ученые интерес и к еще новой тогда атомной физике. Накануне первой мировой войны в России были начаты (хотя и не получили большого развития) работы по радиоактивности.

Крупными физиками были А. А. Эйхенвальд и один из первых русских физиков-теоретиков Н. А. Умов. В 1906—1912 гг. в Петербурге начали работать А. Ф. Иоффе и Д. С. Рождественский, организовавшие семинары, на базе которых после Октябрьской революции сложились их научные школы.

Несмотря на бесспорные успехи, физика в России до 1917 г. не смогла вырасти до масштабов большой организованной науки, в целом заметно отставала от западной и, по определению акад. А. Ф. Иоффе, имела «провинциальное лицо» [24, с. 126].

Русская астрономия, имевшая славные традиции, в начале XX в. развивалась главным образом усилиями астрономов Пулковской и Московской обсерваторий. Благодаря работам учеников А. К. Бредихина — основоположника русской школы астрофизики и прежде всего А. А. Белопольского, большого прогресса достигли астрофизические исследования. Велись работы по небесной механике, астрометрии, звездной астрономии. Ученый и революционер П. К. Штернберг положил начало московской гравиметрической школе. И все же было заметным отставание от мирового уровня исследований в области теоретических и вычислительных работ и в небесной механике.

Русская химия и в первые десятилетия XX в., можно сказать, опиралась на плечи титанов: Н. Н. Бекетова, Н. С. Курнакова, В. Ф. Лугинина, Д. П. Коновалова, И. А. Каблукова, В. Н. Ипатьева, Н. А. Меншуткина, Л. А. Чугаева, А. Н. Баха, А. Е. Фаворского, Н. Д. Зелинского, П. И. Вальдена, А. М. Зайцева, А. Е. Чичибабина и мн. др. Развивались почти все отрасли химии — общая и неорганическая, физическая, аналитическая, органическая и т. п. Русские ученые играли роль первооткрывателей в создании новых отраслей химии, например органического катализа.

Русские химики стремились теснее связать свои исследования с нуждами отечественной химической промышленности, но вследствие ее слабого развития далеко не все их открытия и технологические разработки были внедрены в производство.

О почетном месте русской химии в мировой науке можно сказать словами Н. А. Умова, который писал: «Русские химики давно уже сделали ценные вклады в науку, поставившие Россию на один уровень с западноевропейскими государствами»⁴.

⁴ Цит. по [25, с. 302].

Науки о земле в первые десятилетия XX в. развивались быстро, но неравномерно. Крупных успехов добилась геология, опиравшаяся как на богатейший материал геологических исследований России, так и на прогрессивные концепции зарубежных ученых. К 1917 г. русская геология имела в своем активе большой цикл более или менее самостоятельных отраслей, множество ценных исследований. Основателем русской геологической школы был А. П. Карпинский. Созданная им в конце XIX в. схема глубинного строения Русской платформы обогатила геотектонические концепции и представления о геологической истории Европейской России. В. А. Обручев провел фундаментальные исследования Сибирской платформы. Достижения в области стратиграфо-палеонтологических исследований позволили дать классификацию осадочных образований земной коры на территории Европейской России (работы А. П. Павлова, А. П. Карпинского, Н. И. Андрусова и др.). Крупный вклад в разработку учения о рудных месторождениях внес К. И. Богданович. Наряду с изучением рудных месторождений велись работы и по исследованию нерудных месторождений и горючих ископаемых. Работами Д. В. Голубятникова, Т. П. Михайловского, а позднее и И. М. Губкина были заложены основы геологии нефти. Значительное развитие получила региональная геология. С конца XIX в. усилились геологические исследования в Сибири и Средней Азии. Тем не менее в целом геология страны была изучена слабо.

На рубеже XIX и XX вв. на стыке двух наук — физики и геологии — при активном участии русских ученых возникла новая пограничная область знания — геофизика. Одним из создателей другой новой науки — геохимии (1908—1910) по праву считается крупнейший русский ученый В. И. Вернадский. Им же были заложены основы биохимии и биогеохимии. Своими исследованиями в области кристаллографии и минералогии В. И. Вернадский по сути открыл новый этап в развитии этих наук, превратив минералогию из сухой описательной дисциплины в подлинную науку. Он был также одним из пионеров изучения в России радиоактивных минералов. Из школы, созданной В. И. Вернадским, вышли такие крупные ученые, как А. Е. Ферсман, Я. В. Самойлов и др.

Россия, как известно, была родиной научного почвоведения, созданного трудами В. В. Докучаева. Агрохимическое направление в почвоведении и агрономии развивалось в стенах Московского университета. Разработкой агрохимии, и прежде всего учения о минеральных удобрениях, занимался Д. Н. Прянишников. Он и его школа раскрыли механизм усвоения растениями азота и фосфора.

Русские географы в связи с научными и практическими потребностями (усилением переселения в Азиатскую Россию) продолжали маршрутные исследования малоизученных районов в Сибири, на Дальнем Востоке, в Средней и Центральной Азии. С конца XIX в. особенно интенсивные географические исследования проводились в Арктике. С. О. Макаров предложил принципиально новый подход к изучению полярных областей — он выступил инициатором создания особого типа ледовзламывающих судов, ледоколов. В 1899 г. первый в мире ледокол «Ермак» уже совершил плавание к Шпицбергену. В 1912 г. состоялась первая русская экспедиция к Северному полюсу во главе с Г. Я. Седовым. И хотя достичь Северного полюса тогда не удалось, участники экспедиции собрали ценный и многообразный научный материал.

Самым крупным достижением русских полярников в канун Великой Октябрьской революции был первый в истории проход всего Северного морского пути с востока на запад ледокольными пароходами «Таймыр» и «Вайгач» под начальством Б. А. Вилькицкого и открытие архипелага Северная Земля (1913 г.). В целом, однако, Россия к 1917 г. в географическом отношении была исследована далеко не полностью.

Русские ученые внесли крупный вклад в обновление теоретических основ географии, в преодоление чисто описательного подхода. В. В. Докучаев обобщил работы своих предшественников и заложил основы учения о ландшафтах как особых территориально-природных индивидуальностях (Л. С. Берг, Г. Ф. Морозов и др.). П. И. Броунов (1910 г.) указал выход из кризиса физической географии, который она переживала и в России и на Западе, выделив в качестве предмета физической географии особый объект — комплексную оболочку, образованную литосферой, атмосферой, гидросферой и биосферой.

Развитие биологической науки с конца XIX в. характеризовалось ее интенсивной дифференциацией, причем ряд новых областей был создан трудами русских ученых. Центральное место в русской биологии со времен И. М. Сеченова занимала физиология животных и человека. И. П. Павлов, будучи новатором в разработке двух важнейших отделов физиологии — кровообращения и пищеварения, создал также учение о высшей нервной деятельности животных и человека. Он стал создателем крупнейшей в мире физиологической школы, его учениками были Л. А. Орбели, А. Ф. Самойлов и многие другие выдающиеся физиологи.

Новое направление в исследовании физиологии нервно-мышечного аппарата и деятельности нервных центров проложила физиологическая школа Введенского — Ухтомского. Н. Е. Введенский выдвинул идею о единой природе возбуждения и торможения и создал учение о парабioзе. Его ученик А. А. Ухтомский в первом десятилетии XX в. провел исследования, в которых в основных чертах наметил свое учение о доминанте как об одном из основных законов деятельности нервной системы.

На блестящие достижения отечественной физиологии опиралась медицинская наука. Русские ученые успешно разрабатывали многие направления медицины. В связи с потребностями борьбы с эпидемическими заболеваниями особое внимание уделялось микробиологии и эпидемиологии (труды И. И. Мечникова, Д. К. Заболотного, Н. Ф. Гамалеи и др.).

Крупные достижения мирового значения имелись в зоологии и ботанике. Изучение флоры обширных территорий России и сопредельных восточных стран, их описание и систематика находились в центре внимания И. П. Бородина, И. Н. Горожанкина, А. Н. Краснова, В. Л. Комарова и др. Одним из крупнейших в мире ботаников был С. Г. Навашин, которому принадлежит открытие двойного оплодотворения у некоторых групп растений. Еще в первые годы XX в. начал разработку теории вида у растений В. Л. Комаров. В. И. Палладин, М. С. Цвет, С. П. Костычев провели основополагающие исследования процессов дыхания и превращения веществ в растениях и разработали новые методы анализа, применяемые и в наши дни.

Огромное научное значение имели работы главы школы сравнительной анатомии А. Н. Северцова — одного из крупнейших морфологов и теоретиков эволюционного учения XX в.

В области микробиологии ценнейшие открытия были сделаны С. Н. Виноградским и И. И. Мечниковым (создателем учения о фагоцитозе). В 90-х годах XIX в. с первыми сообщениями о своих исследованиях выступил вирусолог Д. И. Ивановский.

На рубеже XIX и XX вв. центр исследовательских интересов в биологии стал перемещаться к проблемам цитологии и особенно генетики. Хотя широкие цитологические и генетические исследования начались в России позже, чем на Западе, тем не менее работы С. Г. Навашина, Н. К. Кольцова и других ученых, начиная с 1910 г., внесли весомый вклад в изучение форм клетки, внутриклеточных и внутриядерных структур и процессов.

В области технических наук теоретическая мысль русских ученых по ряду направлений превзошла зарубежную. Огромный вклад был внесен

ими в исследование теоретических основ такой новой отрасли, как электротехника. С конца XIX в. успешно осваивалась техника переменного трехфазного электрического тока (М. О. Доливо-Добровольский). Русские ученые и техники рано оценили преимущества электроснабжения от крупных электростанций и, учитывая размеры страны, поняли необходимость перехода к передаче электричества на большие расстояния. Поборником и организатором строительства первых крупных электростанций в России был Р. Э. Классон. Но вследствие технического отставания страны и косности правящих и предпринимательских кругов передача высоковольтной электроэнергии на большие по тому времени расстояния (100—400 км) впервые в конце XIX в. была осуществлена не в России, а в Германии и США. В предвоенные годы русскими техниками была проделана «весьма большая работа по изучению возможности получить крупные силовые установки на наших реках и озерах» [26, с. 77]. Г. О. Графтио предложил проекты гидростанций на реках Волхове и Вуоксе для снабжения Петербурга, но их реализация была сорвана царскими властями и капиталистами, не заинтересованными в использовании дешевых источников энергии.

Крупные достижения имелись в разработке теории механизмов и машин. В этой области решающую роль играли две научные школы — петербургская, опиравшаяся на Петербургский технологический институт, и московская, базой которой явилось Московское высшее техническое училище. Классические исследования были выполнены также по теории упругости, сопротивлению материалов и строительной технике (В. Л. Кирпичев, С. П. Тимошенко).

Научные основы металлургии, горного дела, транспорта, строительства (производственного, мостового и т. п.) в мировой технике закладывались в рассматриваемое время при активнейшем участии или ведущей роли русских ученых. М. А. Павлов разработал методы расчета и проектирования основных металлургических агрегатов. Д. К. Чернов в 1899 г. выдвинул и теоретически обосновал идею промышленного получения стали непосредственно из железной руды, минуя доменный процесс, и предложил проект специальной плавильной печи. Он же выступил с предложением использовать кислород для выплавки стали в конвертере.

Созданные русскими авиаконструкторами накануне первой мировой войны крупные многомоторные самолеты «Русский витязь» и «Илья Муромец» лидировали в мировой авиации вплоть до 1916 г. Научные основы и инженерное решение крекин-процесса, предложенное В. Г. Шуховым (1891 г.), более чем на 20 лет опередили переход на новую технологию нефтепереработки в США. Передовые позиции занимали русские судостроители в области теплоходостроения и паровозостроители. Вместе с тем в ряде важных отраслей техники (горное дело, турбостроение и т. д.) не велись самостоятельные конструкторские и инженерно-технологические разработки.

Высокий теоретический уровень отечественной научно-технической мысли мало сказывался на темпах и характере технического прогресса, опережая в ряде случаев практические потребности производства внутри страны. Так, Россия — родина радио — уже в начале XX в. отставала от Запада по части практического применения радиосвязи и изготовления радиоаппаратуры. Сплошь и рядом сделанные в нашей стране открытия и изобретения практически реализовывались на Западе, а затем возвращались в Россию как плод мысли и труда зарубежных ученых безо всяких ссылок на русский приоритет (электросварка, химический катализ и т. п.).

В предреволюционный период истории русской науки раскрылись ее лучшие национальные черты, в частности, глубокий интерес к теоретическим исследованиям, к фундаментальным проблемам науки, помно-

женный на революционный стиль мышления. В этом, возможно, ключ к пониманию того, почему в отсталой России зародились аэродинамика и теория космических полетов. Виднейшие ученые России страстно, хотя и безуспешно, стремились приблизить науку к практическим потребностям, поставить ее на службу народу, связать с промышленным и сельскохозяйственным производством, с техникой, с медициной. Русской науке не была свойственна национальная ограниченность; она была способна к равноправному плодотворному сотрудничеству с западной наукой.

Уже к началу XX в. стало очевидным, что масштабы и темпы научной деятельности не соответствовали требованиям XX в. и потенциальным возможностям страны. Дореволюционная наука характеризовалась фрагментарностью развития, отсутствием широкого исследовательского фронта [27, с. 19]. Сохранялась сильная зависимость научных учреждений России от передовых стран по линии приборов, лабораторного оборудования и химических реактивов.

Все трудности и противоречия в развитии науки и в социальных условиях ее функционирования вписывались в общую картину острейших противоречий российской действительности начала XX в.

Если в целом научный потенциал дореволюционной России по качественным параметрам (общий уровень развития естественнонаучной и научно-технической мысли, глубина и культура исследований, квалификация научных кадров, их творческая результативность и т. п.) не уступал потенциалу передовых стран Запада, то по количественным показателям заметно уступал. И хотя он превосходил отсталую материально-техническую базу России, он объективно не соответствовал возможностям и коренным задачам развития страны. Тем не менее созданная в стране научная культура в виде накопленных знаний и опыта, научных школ и прогрессивных традиций представляла собой большое национальное богатство.

* * *

Каковы же основные факторы развития русской науки, позволившие ей преодолеть в известной мере трудности и неблагоприятные политические и социально-экономические условия? Конечно, развитие капитализма, и в особенности первые шаги индустриализации страны, служили материальной основой и одной из движущих сил научно-технического процесса. Вместе с тем технико-экономическая и культурная отсталость страны ставила узкие рамки научно-техническому развитию. Промышленность в основном «не предъявляла никаких запросов ученым и не испытывала потребность в них» [28, с. 344]. Возможность же получать за счет варварской эксплуатации дешевой рабочей силы баснословные, более высокие, чем в Западной Европе, прибыли и отсутствие у русских капиталистов в условиях низкого уровня производительных сил скольконибудь серьезной материальной заинтересованности в научно-технических исследованиях как факторе развития производства и повышения прибылей обусловили консерватизм русской буржуазии в области научно-технического прогресса⁵.

Низкий образовательный и культурный уровень основной массы населения привел к тому, что культурно-интеллектуальная почва, равно как и социальная база, на которой вырастала и на которую могла опираться наука, была необычайно тонка и тем ограничивала возможности ее развития.

⁵ Журнал «Промышленность и торговля» — рупор крупного монополистического капитала России — писал: «Прогрессивные устройства требуют затрат капитала. Кто не хочет от технического прогресса пойти по миру, тот должен хорошенько подсчитать — выгодно ли ему сделать затрату на технический прогресс или же умнее остаться в рядах отсталых» (Промышленность и торговля. 1909. № 8. С. 481).

Главным тормозом общественного и культурного, в том числе научного, прогресса вплоть до февральской революции являлся царизм, его полицейско-бюрократический аппарат. Отношение царского правительства к науке и научной деятельности определялось, с одной стороны, страхом перед творческой мыслью, и ее носителем — интеллигенцией, боязнь всяких новаций, нетерпимостью к общественному почину и объединению научной общественности, а с другой — необходимостью блюсти имперские интересы и амбиции, удовлетворять в той или иной степени потребности развивающегося капиталистического хозяйства и культуры. «Все должно служить к вящей пользе начальства: и церковь, и наука», — так сформулировал, по воспоминаниям акад. М. М. Ковалевского, эту точку зрения П. Н. Дурново — один из столпов правых в Государственном Совете [29]. В конечном счете охранительные цели — сохранение и укрепление военно-полицейского режима — всегда брали верх над всеми другими мотивами в политике царизма в области просвещения, печати, науки, культуры. Даже либерально-буржуазная профессура в своей «Записке о нуждах просвещения в России» (январь 1905 г.), ставшей широко известной как «Записка 342 ученых» (ее подписали первоначально 16 академиков, 125 профессоров и 201 доцент, а в дальнейшем общее число подписавшихся достигло 1500), вынуждена была заявить: «Правительственная политика в области просвещения народа, внушенная преимущественно соображениями полицейского характера, является тормозом в его развитии, она задерживает его духовный рост и ведет государство к упадку»⁶.

Испытывая страх перед учебными заведениями как рассадниками революционной заразы, царское Министерство народного просвещения препятствовало открытию новых университетов, отклоняя ходатайства местных органов самоуправления и общественности об открытии университетов в Перми, Тифлисе, Вильно, Екатеринбурге, Ростове-на-Дону и других городах. Такой курс был продиктован интересами реакционных помещиков. 8-й съезд объединенного дворянства, состоявшийся в 1912 г., вынес решение, что «ни одно новое высшее учебное заведение не должно быть создано, так как такое создание приближает страну к революции» [31, с. 63]. Сам царь был последовательным противником расширения университетского образования в стране. В 1912 г. на «особом журнале» заседаний Совета министров «Об открытии новых учебных заведений» Николай II начертал: «В России вполне достаточно существующих университетов. Принять эту резолюцию как мое руководящее указание»⁷.

Царизм без колебаний приносил в жертву науку и становился на путь прямого разрушения научных учреждений, когда считал, что того требуют его политические интересы. Так было например, в 1911 г., когда министр народного просвещения Л. А. Кассо предпринял, по его собственному выражению, меры «для оздоровления высшей школы» [33]. В порядке «оздоровления» из Московского университета в начале 1911 г. были уволены или ушли 131 человек из числа наиболее видных ученых и высококвалифицированных преподавателей, что составило около половины его профессорско-преподавательского состава [9, с. 376]. Это был настоящий разгром старейшего университета, одного из главных научных центров страны. Полицейская чистка затронула и другие высшие учебные заведения (Петербургский, Новороссийский и Томский университеты, Томский технологический институт, Донской политехнический институт и др.). «Удар по высшей школе есть удар по центрам научной мысли и научного творчества людей» [34] — так вполне справедливо вынуждена была оценить «подвиги» Кассо буржуазная печать. Зато их

⁶ Цит. по [30, с. 28].

⁷ Цит. по [32, с. 167].

горячо одобрил упомянутый съезд объединенного дворянства, выразив: «надежду на продолжение такой же деятельности» [35, с. 83].

Следствием такой классовой позиции, а также непонимания царскими властями роли и места науки в жизни страны было пренебрежение ее нуждами. Нагляднее всего это проявлялось в том скудном финансировании, на которое были обречены научные учреждения и высшие учебные заведения. Отчеты Академии наук за 1900—1912 гг. буквально переполнены жалобами академиков на хронический недостаток ассигнований на научные нужды и их резкое несоответствие масштабам исследований. Даже сам «августейший президент» академии великий князь Константин Константинович в письме министру народного просвещения от 14 июля 1911 г. писал, что «положение академических учреждений (из-за недостатка ассигнований и штатов.— П. В.) стало совершенно критическим» [6, д. 20, л. 407]).

Царские чиновники близоруко предпочитали экономить на науке⁸.

Трудности с финансированием науки усугублялись в России несравненно более слабым, чем в развитых капиталистических странах, притоком денежных средств из частных источников. Поддержка русскими капиталистами, даже наиболее культурными из них, научных начинаний хотя и возросла с конца XIX в., но в целом носила ограниченный и спорадический характер.

Судьба русской науки была бы почти безнадежной, если бы в стране не действовали другие мощные катализаторы общественного и научного прогресса. Таким катализатором было прежде всего революционно-освободительное движение. Глубокое и многостороннее, опосредованное и непосредственное влияние оказала на развитие науки первая русская революция. Она пробудила колоссальные народные массы «к политическому сознанию и к революционной борьбе» [2, т. 30, с. 310]. Народные массы потянулись к политике и одновременно к культуре и знаниям. Это создало в стране новый, невиданный доселе идейно-психологический климат для научного творчества. «Умы,— отметил еще К. Маркс,— всегда связаны невидимыми нитями с телом народа» [1, с. 147].

Под ударами революции ослабленный царизм вынужден был пойти на уступки и в области просвещения и науки. После 1905 г. научная общественность стала оказывать гораздо большее влияние на решение научно-организационных вопросов. Это, в частности, нашло свое отражение в открытии новых частных высших учебных заведений, высших женских курсов, исследовательских лабораторий и институтов.

Количество высших учебных заведений за период с 1905 по 1911 г. почти удвоилось [21, с. 330]. Заметно увеличилось и количество вновь созданных научных учреждений всех типов. Если за период 1891—1905 гг. было открыто 64 научных учреждения (без научных обществ), то с 1906 по 1917 г. их было открыто 161, т. е. в 2,5 раза больше [36, с. 74].

Ленин имел все основания писать: «Пятый год, год великого пробуждения народных масс в России, год великой народной борьбы за свободу под руководством пролетариата, этот год заставил даже наше казенное ведомство (просвещения.— П. В.) сдвинуться с мертвой точки» [2, т. 23, с. 126].

Противоречивое, но вместе с тем ускоряющее воздействие на развитие русской науки и техники оказали две войны, которые пережила в те

⁸ Один из дореволюционных журналов образно писал о судьбе русских изобретателей, что в отличие от прошлого «в XX в. в России неудачливых изобретателей не бьют батогами. Русских изобретателей не истязают, не заточают в цепи в монастыри. Но доселе одаренные русские люди не находят в своих пытливых исканиях должной помощи со стороны государства. Русский изобретатель, не находящий себе надлежащей защиты в законе, нередко гонимый и незаслуженно отвергаемый отечеством, много претерпевает, кроме этого, от той канцелярщины, от той волокиты и неурядицы, которые составляют отличительную черту наших официальных петроградских учреждений» (Производительные силы России. 1916. № 1. С. 28).

годы Россия, — русско-японская и первая мировая. Из вновь созданных усилиями русских ученых новых организаций в области науки интерес представляет Комиссия по изучению естественных производительных сил России (КЕПС). Она была создана в феврале 1915 г. при Академии наук и вскоре объединила вокруг себя лучшие научные силы страны. К 1917 г. в ее составе работало 139 крупных ученых и специалистов по физике, геологии, биологии, инженеров и т. д. [14, с. 47]. Деятельность КЕПС в области развертывания широких и планомерных исследований естественных богатств страны и их практического использования и особенно объединения и координации работы различных научных ячеек не имеет прецедентов в истории русской науки. Накопленный ею опыт по консолидации научных сил и концентрации их на важнейших научно-прикладных проблемах и, может быть, еще в большей мере разработка общих контуров общенациональной организации науки и проектов государственной сети научно-исследовательских учреждений — составная часть того научно-организационного наследия, которое осталось от до-революционной России.

В годы войны в условиях разрыва научных связей с зарубежными научными учреждениями у ученых окрепла вера в собственные творческие силы.

Среди движущих пружин развития русской науки крупную, неизмеримо большую, чем в странах Запада, роль играли идейные факторы. Многим русским ученым были присущи демократические взгляды и передовые общественные идеалы, а науку они рассматривали как форму общественной деятельности, служения интересам народа. То поколение ученых, которое задавало тон в науке в конце XIX и начале XX в., сформировалось на идеях В. Г. Белинского, А. И. Герцена, Н. Г. Чернышевского, Д. И. Писарева. Чем дальше, тем больше на идейные установки передовой научной общественности страны оказывал влияние марксизм. Идейность, патриотические устремления и порожденное ими подвижническое отношение ученых к своей научной деятельности позволяют понять одну из субъективных причин их высокой творческой отдачи.

Для общественной позиции прогрессивных деятелей русской науки, в отличие от западной, характерна отчужденность между ними и правительством — крайне реакционным царским режимом. Эта отчужденность хотя и затрудняла положение ученых, но побуждала их к независимому творчеству. Вследствие же слабого интереса русских капиталистов к науке материальная зависимость русских ученых от «денежного мешка» была намного меньше, чем в странах Запада.

Однако чем дальше, тем сильнее сказывалось на развитии естественных и технических наук сковывающее влияние политического и социально-экономического строя до-революционной России.

Таким образом, необходимость коренного общественного преобразования — революции — диктовалась насущными потребностями не только социального, но и научно-технического прогресса страны.

Литература

1. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд. Т. 33.
2. Ленин В. И. Полн. собр. соч.
3. Развитие естествознания в России. М., 1977.
4. Очерки истории организации науки в Ленинграде. 1903—1977. М., 1980.
5. История Академии наук СССР. Т. II. М.; Л., 1964.
6. Архив АН СССР. Ф. 2. Оп. 1.
7. Синецкий А. Я. Профессорско-преподавательские кадры высшей школы СССР. М., 1950.
8. Народное образование, наука и культура в СССР. М., 1977.
9. История Московского университета. Т. I. М., 1955.
10. История СССР с древнейших времен до наших дней. Т. 6. М., 1968.
11. История естествознания в России. Т. II. М., 1960.

12. Русские ведомости, 21 апреля 1911 г.
13. Вернадский В. И. Очерки и речи. Ч. 1. М., 1922.
14. Бастркова М. С. Становление советской системы организации науки (1917—1922). М., 1973.
15. Степанский А. Д. История общественных организаций дореволюционной России. М., 1979.
16. Наука и ее работники. 1921. № 6.
17. Кольцов А. В. Проекты организации Ломоносовского института в Академии наук в начале XX в.//Ломоносов М. В. Сборник статей и материалов. М.; Л., 1965.
18. Русское слово, 5 февраля 1911 г.
19. Вальден П. И. Наука и жизнь. Ч. 1. Пг., 1918.
20. Производительные силы в России. 1916. № 1.
21. Ежегодник газеты «Речь» за 1912 г.
22. Вавилов С. И. Собр. соч. Т. 3. М., 1956.
23. Наука и техника в СССР. Т. 1. М.; Л., 1927.
24. Основатели советской физики. М., 1970.
25. Гуло Д. Д. Николай Алексеевич Умов. М., 1971.
26. План электрификации РСФСР. Доклад VIII съезду Советов Государственной комиссии по электрификации России. М., 1955.
27. Александров А. П. Шестьдесят лет советской науки//Вопр. философии. 1977. № 10.
28. Кравец Т. П. От Ньютона до Вавилова. Л., 1967.
29. Архив АН СССР. Ф. 603. Оп. 1. Д. 126. Л. 508.
30. Предтеченский А. В. А. В. Кольцов. Из истории Академии наук в период революции 1905—1907 гг.//Вестн. Академии наук СССР. 1955. № 3.
31. Просвещение. 1912. № 5—7.
32. Иванов А. Е. Университетская политика самодержавия в конце XIX — начале XX в.// Государственное руководство наукой в дореволюционной России и в СССР. М., 1979.
33. Русское слово, 4 февраля 1911 г.
34. Русские ведомости. 22 февраля 1911 г.
35. Труды XIII съезда уполномоченных дворянских обществ. СПб., 1912.
36. Архив АН СССР. Ф. 474. Оп. 4. Д. 103. Л. 19 об.
37. Научные кадры и научно-исследовательские учреждения. М., 1930.

RUSSIAN SCIENCE ON THE EVE OF THE OCTOBER REVOLUTION

P. V. VOLOBUYEV

General conditions and the main factors of development of the native science at the end of the XIX-th — beginning of the XX-th century are studied, organizational forms and tendencies of the Russian science are outlined, the main results of mathematics, natural sciences and technology's development in Russia up to the beginning of 1917 are evaluated. High scientific culture and scientific traditions of pre-revolutionary Russia are considered as initial base for the progress of the native science in the Soviet time.

РАЗВИТИЕ РОБОТОТЕХНИКИ В СССР И ЗА РУБЕЖОМ (сопоставительный анализ)

Е. И. ЮРЕВИЧ, А. З. ЧАПОВСКИЙ

В принятых на XXVII съезде КПСС Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года робототехника названа в качестве одного из основных средств ускорения научно-технического прогресса — главного рычага интенсификации народного хозяйства. Там, в частности, говорится: характерная черта автоматизации в двенадцатой пятилетке — быстрое развитие робототехники, роторных и роторно-конвейерных линий, гибких автоматизированных производств, обеспечивающих высокую производительность. Парк промышленных роботов, например, за пятилетие увеличивается в 3 раза [1].