

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ В XX ВЕКЕ (В ПОМОЩЬ ЛЕКТОРУ)

**Худокормов Александр Георгиевич**  
*доктор экономических наук, профессор,*  
*МГУ имени М.В. Ломоносова, экономический факультет*  
*(г. Москва, Россия)*

### Аннотация

*В статье анализируются ход и основные результаты научно-технической революции (НТР) середины и (частично) второй половины XX в. – от первых испытаний атомной бомбы до внедрения персональных компьютеров и интернета. Отмечается, что период 1940–1980-х гг. наиболее типичен для фундаментальных инноваций в ядерной энергетике, микроэлектронике, в сферах автоматизации производства, освоения космоса, создания полимеров с заранее заданными свойствами и для событий «зеленой революции». Особо выделяются направления НТР, по которым наша страна долгое время находилась в группе лидирующих государств. Обсуждается вопрос о причинах научно-технического отставания СССР от ведущих стран мира (с середины 1970-х гг.). В заключении намечаются общие черты экономической модели, способной вывести нашу страну на передний край научно-технического прогресса.*

**Ключевые слова:** научно-техническая революция, третья технологическая революция, ядерная энергетика, освоение космоса, развитие электроники, автоматизация, материалы с заданными свойствами, «зеленая революция».

**JEL коды:** N00, O33, O57, Q55, R49.

**Для цитирования:** Худокормов А.Г. Научно-техническая революция в XX веке (в помощь лектору) // Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. 2023. Том 15. Выпуск 1. С. 7-36. DOI: 10.38050/2078-3809-2023-15-1-7-36

### **1. НТР XX столетия как предмет экономической истории: общее содержание и временные рамки**

Экономическая наука живо интересуется историей прогресса производительных сил. И это объяснимо. Какую бы сферу экономических знаний мы ни взяли, везде отмечены сдвиги, производимые совершенствованием научно-технического базиса. Развитие науки и техники, производительных сил общества издавна входит в объект изучения истории народного хозяйства, или экономической истории, формируя межстрановой, общецивилизационный аспект предмета нашей науки.

Так, история промышленного переворота второй половины XVIII – первой трети XIX в. с его английской родословной является традиционной темой в курсах историков-

экономистов. (Начало промышленного переворота в Англии ознаменовано внедрением прядильных и ткацких машин в хлопчатобумажной промышленности, а завершение связано с появлением принципиально новой отрасли – машиностроения, т. е. с производством машин при помощи машин. Рожденная первым переворотом «технология широкого применения» появилась благодаря изобретению парового двигателя и его использованию в промышленности, на транспорте и в меньшей мере – в сельском хозяйстве.)

Относительно недавно, но весьма прочно вошла в предмет экономической истории вторая промышленная (технологическая) революция (1850 – 1918 гг.) с временными рамками от изобретения бессемеровского способа выплавки стали до первых конвейерных линий на автомобильных заводах Форда. (В военном деле – от повсеместного внедрения нарезного стрелкового оружия до боевого применения танков на фронтах Первой мировой войны.) «Технологией широкого применения» для второй промышленной революции стало использование электрической энергии во всех отраслях народного хозяйства и в быту. Если первый промышленный переворот был сначала достоянием одной только Англии, то вторая промышленная революция двигалась вперед, благодаря усилиям ученых и инженеров нескольких стран Европы и Северной Америки.

Начало практического освоения атома открывает исторический ряд новаций, связанных с научно-технической революцией (НТР) середины и второй половины XX в. Этот феномен можно еще назвать третьей технологической революцией.

Подлинным началом НТР прошлого столетия, по нашему мнению, следует считать развертывание работ по Манхэттенскому проекту (1942 – 1945 гг.) в США, результатом которых было первое испытание атомной бомбы. Ядерная энергия позволила создать новые типы ракетно-ядерных вооружений, двигателей для подводных лодок и ледоколов, энергетические установки атомных электростанций. Другой стороной «технологии широкого применения», свойственной НТР XX в., стало внедрение микрочипов в электронике, подготовленное открытием транзисторного эффекта (в 1947 г.).

Известно, что первый персональный компьютер для массового использования был разработан компанией IBM в августе 1981 г. С этого времени ведет отсчет эпоха компьютеризации и цифровой экономики. Примерно тогда же (в 1984 г.) Национальный научный фонд США создал сеть свободного доступа, связавшую американские университеты с вычислительными центрами. Это и было, видимо, началом современного интернета.

Данными выдающимися новшествами заканчивается, на наш взгляд, период НТР XX в. Массовая компьютеризация и интернет образуют новую технологическую подпочву «широкого применения», которая является базой технологического и социального прогресса уже в текущем столетии. Но первые десятилетия XXI в. – это уже другая эпоха, которую видный немецкий экономист Клаус Шваб назвал началом четвертой промышленной революции. По мнению К. Шваба, сегодня зарождается не встречавшиеся ранее технологические прорывы: создается искусственный интеллект, интернет вещей, автомобили-роботы, трехмерная печать, нанотехнологии, новые приемы биоинженерии, невиданные прежде методы накопления и хранения энергии и способы квантовых вычислений (Шваб, 2021, с. 9).

Данное высказывание позволяет определить верхнюю временную границу нашего исследования. Историческое поле представленной работы – от первых шагов по практическому внедрению атомной энергии до начала развертывания «компьютерной революции», т. е. примерно 1940 – 1980-е гг.

Суммируя все ценное, что было сделано ранее по обсуждаемому вопросу, отметим, что история НТР XX столетия уже была довольно четко разделена на несколько drobных этапов:

- 1940-е гг. – атомная бомба, первая баллистическая ракета, применение TV-технологий, первые транзисторы, ЭВМ на лампах, радары, синтетические волокна, пенициллин;
- 1950-е гг. – водородная бомба, искусственные спутники Земли, начало атомных электростанций, атомного подводного и ледокольного флота, реактивные пассажирские самолеты, старт «зеленой революции»;
- 1960-е гг. – пилотируемая космонавтика (околоземная и межпланетная), спутники связи, лазеры, интегральные схемы в электронике, промышленные роботы, скоростные железнодорожные экспрессы, полиамидные пластмассы;
- 1970-е гг. – первые микропроцессоры, волоконно-оптическая связь, «новая биотехнология» (генная и клеточная инженерия);
- 1980-е гг. – персональные компьютеры, начало интернета, сверхпрочная керамика для космической техники, интенсивный прогресс в генетике, завершившийся расшифровкой генома человека (в начале XXI в.) (Folta, 2007, p. 7; Третья научно-техническая революция...).

Конечно, в анализе НТР прошедшего столетия возможны выходы за обозначенные пределы. Так, качественные сдвиги в электронике нельзя понять без изучения открытий В.К. Зворыкина в разработке современного телевидения, а это в основном 1920 – 1930-е гг. Точно так же биотехнологическая революция имеет прямое отношение как к третьему, так и к четвертому этапу технологических революций, следовательно, развивается частично за намеченными нами пределами.

И все же период 1940 – 1980-х гг., по нашему мнению, наиболее типичен для фундаментальных новаций в ядерной энергетике, микроэлектронике, в сферах автоматизации, освоения космоса, массового создания полимеров с заказными свойствами, а также для событий «зеленой революции». Указанные инновации как раз и образуют основное содержание научно-технической революции XX столетия. НТР XX в., или третья технологическая революция, как мы ее понимаем, это скачок в развитии мировой науки и техники от начального испытания атомной бомбы до первых персональных компьютеров и интернета.

Еще недавно сущностью НТР считался процесс перехода от индустриального общества к обществу постиндустриальному. По этой логике, чем более развит третичный сектор (сфера услуг) той или иной страны, тем более развита страна. Сегодня стало очевидным, что услуга услуге рознь. 50%-ный вклад торговли (оптовой и розничной) в ВВП еще не свидетельствует о высоком экономическом развитии общества. К тому же совершенствование фундаментальной и прикладной науки, здравоохранения и образования невозможно причислить к прогрессу сектора услуг. И то, и другое – это скорее инвестиционный сектор общества, своеобразное вложение в будущее.

Известный примитивизм теории постиндустриального общества проявляется в слабости стран, что решили перевести значительную часть своего индустриального потенциала в регионы, где промышленное производство обходится дешевле. В итоге в числе проигравших оказались прежние лидеры НТР – США и Япония, а выигрыш достался на долю новых и новейших индустриальных стран и территорий: материкового Китая, Тайваня, Южной Кореи, Малайзии, Таиланда и др. В лучшем положении индустриального снабженца всего

Европейского сообщества до последнего времени находилась экономика Германии, сохранявшая эффективный промышленный сектор.

НТР, по нашему мнению, выступает прежде всего как процесс преобразования материального производства, которое было и остается основой существования и прогресса человеческого общества. Продукты сферы НИОКР, здравоохранение, образование непосредственно формируют главную производительную силу современного общества – человека труда, творца и мыслителя. Нематериальные продукты могут иметь высокую денежную оценку и в этом смысле преобладать над продуктами материальными. Но чрезмерный рост финансовых и торговых услуг рано или поздно оборачивается надуванием очередного хозяйственного пузыря и заканчивается коллапсом. Как это было в 2007 – 2009 гг. и как это наблюдается в известной мере сегодня.

## **2. Освоение ядерной энергии: опора на фундаментальную науку**

Итак, научно-техническая революция XX в. стартовала вместе с внедрением атомной энергии и ракетно-космической техники. Эти сдвиги в развитии производительных сил и вооружений отличались от предыдущих тем, что прямо и непосредственно опирались на фундаментальную науку.

В частности, создание первой атомной бомбы стало прямым делом выдающихся ученых из области физико-математических дисциплин. В рамках Манхэттенского проекта в США (1942 – 1945 гг.) трудились первоклассные физики-теоретики: Роберт Оппенгеймер, Энрико Ферми, Нильс Бор, Отто Фриш, Эдвард Теллер. В СССР над созданием советской атомной бомбы также работали лучшие научные умы: Игорь Васильевич Курчатов, Юлий Борисович Харитон, Яков Борисович Зельдович, Лев Давидович Ландау и др.

Для сравнения напомним, что изобретатель парового двигателя Джеймс Уатт никаких учебных заведений не закончил, хотя работал механиком в Университете Глазго. Гениальный изобретатель периода второй промышленной революции Томас Эдисон был самым знаменитым в мире самоучкой. Правда, один из изобретателей радио, наш соотечественник Александр Степанович Попов в 1905 г. добился профессорского звания и в своих поисках опирался на фундаментальные выводы германского физика-теоретика Генриха Герца.

Является фактом, что наука становилась производительной силой общества не сразу, а шаг за шагом. Уже в начале XX в. «малая наука» – дело гениальных одиночек – превратилась в науку «большую», поскольку двигалась вперед научными коллективами, объединенными в исследовательские группы, лаборатории, целые институты. Темпы приращения научных знаний резко возросли, чему в немалой степени способствовала революция в теоретической физике. Открытия электрона, квантов света, радиоактивности создали импульс для появления теории относительности А. Эйнштейна, квантовой физики М. Планка, первых моделей атома Э. Резерфорда и Н. Бора.

Без этих открытий была бы невозможна третья по счету технологическая революция, которую правильней было бы называть научно-технической революцией XX в., поскольку именно в ее рамках наука в решающей мере и окончательно превратилась в непосредственную производительную силу общества.

История освоения ядерной энергии такова...

В 1942 г. бежавший из фашистской Италии в Соединенные Штаты выдающийся физик Э. Ферми впервые получил в атомном реакторе управляемую цепную реакцию. Это стало решающим шагом на пути к созданию ядерного оружия. 16 июля 1945 г. на одном из полигонов США было произведено успешное испытание первой атомной бомбы.

В начале августа 1945 г. президент США Гарри Трумэн санкционировал проведение атомной бомбардировки японских островов. 6 августа атомная бомба была сброшена на Хиросиму, а через три дня, 9 августа, другая бомба поразила Нагасаки. В результате обоих взрывов немедленно погибло 70–80 тыс. человек, а общее число жертв с учетом последовавшей лучевой болезни и онкологии составило около 450 тыс.

Симптоматично, что сам Трумэн до конца жизни считал свое решение правильным, хотя после вступления СССР в войну против Японии скорое поражение японского милитаризма было предreshено. В нашей стране всегда считали, что одна из целей этой варварской акции состояла в том, чтобы запугать советское руководство и добиться в будущем крупных политических уступок.

В Советском Союзе уже в 1946 г. на секретном объекте Арзамас-16 заработал первый атомный реактор. 29 августа 1949 г. на полигоне близ Семипалатинска состоялось успешное испытание советской атомной бомбы. Монополию США на обладание ядерного оружия удалось преодолеть в кратчайшие сроки. В ускорении работ свою роль сыграли сведения об узлах американского ядерного устройства, добытые советской разведкой.

Очень скоро США попытались вернуть себе монопольное владение новейшими видами вооружений. На американской территории 1 ноября 1952 г. была взорвана новая водородная бомба. (Это термоядерное оружие обладало большими возможностями по наращиванию мощности взрыва.) Однако СССР ответил на этот раз еще быстрее, проведя термоядерный взрыв 12 августа 1953 г. Конструкция взорванной водородной бомбы основывалась тогда на двух научных «идеях» – Андрея Сахарова и Юлия Харитона.

В создании атомного и термоядерного оружия СССР был отвечающей стороной. Но в освоении «мирного атома» наша страна обладала многоаспектными приоритетами.

Начать с того, что первая в мире атомная электростанция в г. Обнинске Калужской области мощностью 5000 кВт была запущена и дала промышленный ток 26 июня 1954 г. Обнинская АЭС проработала до конца 2002 г., и теперь в ее помещении находится музей.

После крупнейших аварий на Чернобыльской АЭС (26 апреля 1986 г.) и на японской АЭС Фукусима-1 (12 марта 2011 г.) ряд стран отказался от программ по строительству новых атомных электростанций. Некоторые станции этого типа были закрыты.

По состоянию на начало 2021 г. электростанции с атомными установками эксплуатируются в 30 странах мира. Всего функционируют 443 энергетических блока мощностью примерно 393 ГВт. 50 реакторов находится на стадии строительства, из них 32 приходится на Индию, Россию и Южную Корею. Южнокорейская АЭС Кори сегодня самая мощная из действующих атомных станций в мире.

Удельный вес АЭС в общей выработке электроэнергии в России приближается к 20% (19,7%) при среднемировом показателе 10,9%. По данным 2021 г., наибольшие уровни здесь имели Бельгия (47,6%), Венгрия (49,2%), Словакия (53,9%) и Украина (53,9% – до 24.02.2022 г.). Бесспорным лидером в указанной области является Франция, где на АЭС вырабатывается 70,6% всей электроэнергии (Nuclear Share...).

### 3. История атомного флота

Содержание этой темы двойственное, поскольку атомный флот имеет как военное, так и мирное предназначение. Но в любом случае двигатели, использующие атомную энергию, требуются там, где плавание судна носит автономный характер, где невозможна частая загрузка топливом, а суда выполняют задачи, находясь подолгу, в течение нескольких месяцев, вдали от пунктов базирования.

Первая атомная подводная лодка (АПЛ) «Наутилус» была построена в США в 1954 г. Неограниченная дальность хода позволила ей через некоторое время достичь Северного полюса. В СССР первая АПЛ «Ленинский комсомол» сооружалась под руководством академика А.П. Александрова. Она была спущена на воду в 1958 г. и на испытаниях показала скорость 28 узлов (примерно 52 км/час), перегнав по этому параметру американский «Наутилус».

Вслед за США и СССР к строительству АПЛ приступили другие страны: Англия (с 1963 г.), Франция (с 1969 г.), Китай (с середины 1960-х гг.). Последней страной, обладающей АПЛ собственной постройки, стала Индия (с 2016 г.). О планах создания АПЛ в будущем заявили Бразилия, Пакистан, Иран.

Конструкции подводных кораблей регулярно совершенствовались. В США и России уже построены лодки четвертого поколения, например, российские АПЛ семейства «Борей» и «Ясень». В нашей стране завершается проектирование подводного корабля пятого поколения. В 2018 г. госкорпорация «Росатом» заявила о запуске ядерного реактора с ресурсом действия, равным всему жизненному периоду новейших подводных лодок.

Особую группу АПЛ России составляют атомные ракетноносцы стратегического назначения, т. е. морские силы ядерного сдерживания, входящие в состав ядерной триады Российской Федерации.

Как и в области строительства первых АЭС, наша страна обладает приоритетом в создании мощных атомных ледоколов. Можно с уверенностью сказать, что такой техники нет больше ни у одного государства. Неоднократные попытки США создать нечто подобное пока ни к чему не привели.

В декабре 1957 г. был спущен на воду, а ровно через два года принят в эксплуатацию первый в мире атомный ледокол «Ленин». Этот атомоход проработал в Арктике ровно 30 лет (1959–1989 гг.). За указанный период он осуществил ледовую проводку по Северному морскому пути для 3741 судна. Только во льдах им была пробита дорога, равная по протяженности тридцати кругосветным путешествиям вдоль экватора (Отраслевое издание...).

Раньше все полярные станции, необходимые для изучения Арктики, десантировались на льдины только с самолетов. В октябре 1961 г. с помощью ледокола «Ленин» для ответственной научной экспедиции в Чукотском море была найдена надежная льдина, выгружен огромный объем необходимых грузов, оборудования, включая средства передвижения.

Отдельные рейсы ледокола «Ленин» были уникальными. Так, в мае-июне 1971 г. этот корабль возглавил первый высокоширотный сквозной рейс из Мурманска в Певек (Чукотское море). В марте 1976 г. атомоход «Ленин» вместе с дизель-электроходом «Павел Пономарев» осуществил «первый ямальский экспериментальный поход», доставив на полуостров Ямал остро необходимый груз для газодобычи.

Кроме работ по проводке судов, ледокол «Ленин» долгие годы выполнял функции постоянной научной лаборатории. На его борту проверялись новейшие методы арктического судоходства, исследовалось действие атомной силовой установки, готовились квалифицированные кадры ледокольного флота.

После того, как ледокол «Ленин» был списан с эксплуатации, научная и флотская общественность воспротивилась его утилизации на металлолом, или, как говорят на Севере, на «иголки». Сегодня это – корабль-музей, который планируется превратить в современный выставочный центр ледокольного флота.

В настоящее время российские ледоколы с успехом обслуживают западный сектор Арктики. В структуре сопровождаемых грузов на первом месте находятся сжиженный природный газ и газовый конденсат (58,5%), на втором – нефть и нефтепродукты (23%). После освоения эстуария Енисея ледокольный флот приступил к обслуживанию Норильского промышленного района. И это, не считая многолетней службы по северному завозу, другой хозяйственной работы.

Из 13 существовавших в мировой истории атомных ледоколов, все были спроектированы в СССР и России. В 2022 г. действовали 8 из них: 5 самых мощных, в том числе ветераны службы ледоколы «Ямал» (с 1993 г.) и «50 лет Победы» (с 2007 г.), а также ледоколы новейшей конструкции – «Арктика» (с 2020 г.), «Сибирь» и «Урал» (оба с 2022 г.). Последние атомоходы способны преодолевать лед толщиной до трех метров, т. е. любой, существующий в арктической природе. Кроме того, они обладают двойной оснасткой – для морей и речных акваторий.

В составе ледокольного флота России имеются также два малоосадочных ледокола «Таймыр» и «Вайгач» – специально для работы в устьях сибирских рек (доступный лед до 1,8 м) и ледокольный контейнеровоз «Севморпуть» (лед до 1 м).

Еще три сверхмощных ледокола сооружаются в настоящее время на стапелях двух судостроительных фирм в Санкт-Петербурге.

В планах Росатомфлота (предприятие госкорпорации «Росатом») довести к 2030 г. объем проводимых ледоколами грузов до 150 млн т в год. Это примерно в 4,5 раза больше, чем сегодня. Планируется активнее осваивать восточный сектор Арктики, наладить круглогодичную навигацию по Севморпути от Мурманска до мыса Дежнева и далее к странам Тихоокеанского бассейна (Ведомости, 2021).

#### **4. Освоение космоса**

Это одно из ведущих направлений НТР середины XX в.

Основоположником современной космической науки следует, видимо, считать скромного учителя из Калуги Константина Эдуардовича Циолковского (1857–1935). Именно ему принадлежит обоснование самого принципа реактивного двигателя в безвоздушном пространстве.

В 1920-е гг. основные принципы межпланетных полетов изложил немецкий ученый Герберт Оберт. Тогда же американский изобретатель Роберт Годдард приступил к строительству ракеты на жидком топливе. Первые ракетные аппараты были еще очень несовершенными. Ракета Годдарда, стартовавшая в марте 1926 г., летела всего 2,5 секунды и поднялась на высоту 12 м.

Следующий этап развития ракетной техники связан с разработкой «оружия возмездия» в нацистской Германии. Сконструированная под руководством инженера Вернера Брауна ракета Фау-2 с сентября 1944 г. участвовала в обстрелах Лондона, Брюсселя, других городов Западной Европы. Погибших от ракетных обстрелов было около 2700 человек. Фау-2 являлась первой баллистической ракетой боевого применения с дальностью полета до 320 км. Запущенная вертикально, она пересекла границу космоса (100 км) и, достигнув высоты в 188 км, совершила первый суборбитальный космический полет.

Сдавшись в плен американцам, Вернер Браун попал в состав немецких ученых, которых правительство США «отмыло от нацизма», удалив всякие упоминания об их членстве в нацистской партии и о тесных связях с гитлеровским режимом. Очень скоро он стал непосредственным участником разработок американской космической техники. В Соединенных Штатах многие считают его «отцом национальной космической лунной программы».

В СССР работы по конструированию космических аппаратов велись под руководством выдающегося ученого, основоположника советской практической космонавтики Сергея Павловича Королева (1906–1966). Биографы подчеркивают, что С.П. Королев, будучи «гением действия», возглавил несколько исторических запусков, ознаменовавших прогресс не только отечественной, но и мировой науки и техники. В их число, безусловно, входят:

- запуск первого искусственного спутника Земли (4 октября 1957 г.);
- запуск космического корабля «Восток-1» с человеком на борту (12 апреля 1961 г.); первым в истории человечества космическим пилотом стал советский гражданин Юрий Алексеевич Гагарин, совершивший орбитальный облет Земли за 1 час и 48 минут;
- старт полета в околоземном пространстве (16 июня 1963 г.) первой женщины-космонавта Валентины Владимировны Терешковой, по первой профессии – ткачихи из Ярославля;
- начало совместного полета летчиков-космонавтов Павла Ивановича Беляева и Алексея Архиповича Леонова (18 марта 1965 г.), в ходе которого А.А. Леонов совершил первый выход в открытый космос (История.рф...).

Конечно, наши успехи в космосе были подвигом всего советского народа. Но они направлялись выдающимся руководителем – главным конструктором, Сергеем Павловичем Королевым. И пока он возглавлял советскую космонавтику, СССР был лидирующей космической державой в мире. Достаточно сказать, что продолжительность пребывания и работы в космосе у В.В. Терешковой, совершившей 48 оборотов вокруг Земли, была выше, чем у всех шести американских пилотов, побывавших в космосе к моменту ее старта. (Космонавты США в общем итоге облетели тогда Землю 36 раз, причем первые два американских пилота совершили в мае и июне 1961 г. лишь суборбитальные полеты (по принципу «туда и обратно»). Первым из граждан США облетел нашу планету астронавт Джон Гленн (полет в три витка, 20 февраля 1962 г.)

Кончина С.П. Королева стала не единственной, но весьма серьезной причиной нашего отставания в космосе. «Гонку к Луне» выиграла американцы.

Уже в 1961 г. в США была принята правительственная программа с целью высадки человека на Луне до конца 1960-х гг. В декабре 1968 г. три американских астронавта – Фрэнк Борман, Джеймс Ловелл и Уильям Андрес – реализовали первый в истории пилотируемый облет Луны, совершив 10 окололунных витков.



Но это было только начало. 16 июля 1969 г. с мыса Канаверал стартовал космический корабль «Аполлон-11» с тремя космонавтами на борту. Ими были летчики-испытатели Нил Армстронг и Майкл Коллинз и бортинженер Базз Олдрин. По достижении лунной орбиты М. Коллинз, пилотирующий командный модуль, остался на ней, тогда как Н. Армстронг и Б. Олдрин на борту спускаемого модуля совершили успешную посадку на Луне. Это произошло 20 июля 1969 г. На следующий день сначала Армстронг, а затем Олдрин осуществили выход на лунную поверхность, пробыв на Луне около 2,5 часов.

Шагнув на Луну, Нил Армстронг произнес историческую и, видимо, заготовленную заранее фразу: «Это один маленький шаг для человека, но гигантский скачок для всего человечества» (Jones, 1995).

После благополучного возвращения первой лунной экспедиции американские астронавты еще пять раз побывали на Луне, каждый раз возвращаясь на Землю с большим запасом лунного грунта.

Символом разрядки международной напряженности стал совместный космический полет «Аполлон» – «Союз» американского и советского экипажей. От СССР в нем участвовали командир корабля Алексей Леонов и бортинженер Валерий Кубасов. Вся программа полета заняла 9 дней (15–24 июля 1975 г.). Технические задания были успешно выполнены. Эта мирная инициатива получила образное наименование «рукопожатия в космосе».

В течение 42 лет космическими державами на Земле оставались только СССР (с 1992 г. – Россия) и США. 15 октября 2003 г. третьей и пока последней сверхдержавой в космосе, организующей пилотируемые полеты на кораблях собственной конструкции, стал Китай. Полет первого китайского космонавта по имени Ян Ливей вошел в летопись практической космонавтики всего мира.

По имеющимся данным, на начало 2023 г., в космосе уже побывали 594 человека — 523 мужчины и 71 женщина. После Ю.А. Гагарина космос на своих и «чужих» аппаратах посетили граждане примерно сорока государств.

В июне 2022 г. седьмой страной, отправившей на околоземную орбиту спутник собственной конструкции, стала Южная Корея. До нее собственные спутники кроме трех космических держав запускали Франция, Япония и Индия.

Что же касается дальнейшего исследования планет Солнечной системы, то их изучение пока что ведется с помощью автономных космических устройств и межпланетных станций. Однако Национальное управление США по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) уже разработало проект пилотируемого полета к Венере. Ориентировочная дата полета назначена на 2029 г. Предполагается, что космонавты проведут на орбите Венеры около месяца и смогут основательно изучить эту планету с помощью спускаемых зондов.

Космическая техника, как и многое другое, имеющее отношение к научно-технической революции, обладает двойным назначением – военным и мирным.

Разработки ракетных систем, в частности, были нацелены на создание надежного носителя для ядерного заряда. Известно, что, когда СССР 4 октября 1957 г. запустил искусственный спутник Земли, это вызвало в США настроения, близкие к панике, вплоть до серьезного спада акций на Нью-Йоркской фондовой бирже. И это не случайно: американцы впервые почувствовали, что их территория уязвима для грозного оружия вероятного противника.

Важной вехой «ядерной гонки» стало достижение Советским Союзом к рубежу 1960–1970-х гг. военно-стратегического паритета с США, прежде всего в ракетно-ядерных вооружениях, после чего начался процесс разрядки международной напряженности.

«Мирный космос» также развивался с самого начала космических исследований. Освоение космоса началось на определенной стадии промышленного развития. В свою очередь производство космической техники потребовало от промышленности новых, более прочных и безопасных материалов, более точных систем обработки деталей, новых технологий получения космического топлива.

На современном этапе прикладная космонавтика насчитывает несколько основных направлений развития:

- космическая индустриализация – производство новых материалов для электроники и других отраслей космической промышленности, новые препараты для космической фармакологии, строительство в космосе орбитальных станций, а в перспективе и космических кораблей;
- космические научные исследования и эксперименты;
- космические информационные системы – спутниковые системы связи, телевидения, космическая навигация, помощь метеорологии, контроль из космоса за природными ресурсами, содействие охране окружающей среды;
- космический комплекс услуг – космическая медицина, космический туризм, реклама.

Жители Земли часто не осознают, что многое из того, что их окружает, имеет космическое происхождение. При этом речь идет не только о спутниковых интернете или TV-технологиях, не только о GPS-навигации, но о вещах самых обыденных: фильтрах для воды, автомобильных аэрозолях WD-40 для откручивания гаек и размораживания замков, термобелье, отводящем воду и сохраняющем тепло, огнестойкой ткани для одежды пожарных, пружинящих подошвах для кроссовок, очков с защитой от царапин и ультрафиолетового излучения и многого другого (17 повседневных вещей...).

## **5. Развитие электроники**

Под электроникой обычно понимают сферу науки и техники для приема, передачи, хранения и обработки информации при помощи электрических сигналов.

Начало электроники связывают с изобретением первых радиоламп. В 1904 г. англичанин Дж.А. Флеминг разработал первый диод, или радиолампу для преобразования частот электроколебаний с двумя электродами – катодом и анодом. Два годами позже американский ученый Ли де Форест изобрел трехэлементную лампу – триод. Кроме катода и анода, она имела еще управляющую сетку и помимо функций диода могла использоваться для усиления слабых сигналов в электросети.

### **5.1. Телевидение: первые шаги**

1920–1930-е гг. стали десятилетиями, когда закладывались основы современного телевидения. В 1923 г. русский инженер-электротехник В.К. Зворыкин, эмигрировавший в США, подал заявку на изобретение электронно-лучевой трубки, способной передавать черно-белое изображение. В 1925 г. он же сконструировал камеру для изображений в цвете. Далее

Зворыкиным в 1929 г. была разработана вакуумная приемная трубка – кинескоп. И в 1931 г. им была завершена работа над усовершенствованной телевизионной трубкой, которую сам Зворыкин называл иконоскопом.

В межвоенный период в разработке первых телевизионных устройств принимали участие многие инженеры и ученые из разных стран, включая Советскую Россию и СССР. Но «отцом» современного телевидения по праву считается уроженец старинного русского города Муром, сотрудник «Radio Corporation of America» (RCA), позднее руководитель первой в мире лаборатории по электронике Зворыкин Владимир Козьмич (Издательский дом...).

Регулярное телевидение в Соединенных Штатах с использованием стандартов, близких к современным, началось 30 апреля 1939 г., на два с половиной года позже, чем в Англии. Одной из причин запаздывания стало противодействие со стороны американской киноиндустрии и радиоконпаний. Но уже в 1954 г. 90% территории США было освоено телесетями.

В СССР ТВ-вещание из Москвы (четыре дня в неделю по два часа) стартовало даже чуть раньше – 10 марта 1939 г. С 1951 г. в полную силу заработал телецентр на Шаболовке и телепередачи стали ежедневными.

Любопытно, что В.К. Зворыкин регулярно посещал СССР – и в 1930-е гг., и в послевоенный период. Известно, что он помогал наладить телевидение и в странах Европы, и в нашей стране (на основании контракта с фирмой RCA, которую он представлял).

Имеется немало данных о том, что выдающийся инженер и ученый В.К. Зворыкин (1888–1982) весьма гордился своими изобретениями. Он опубликовал примерно 80 научных работ, ему принадлежало около 120 патентов. Во времена маккартизма ФБР лишило его выездных документов за участие в Фонде помощи жертвам войны в СССР. Но то, что демонстрировалось по американскому телевидению, вызывало его резкую критику. Уже на склоне лет Зворыкин однажды заявил: «Я создал монстра, способного промыть мозги всему человечеству». А затем добавил, что будь его воля, он не позволил бы своим детям даже приближаться к телевизору. Сам телевизионный аппарат он обрисовал так: «Конечно, есть в нем детали, которые мне удались особенно хорошо. Лучшая из них – выключатель» (Образцов, Шенгелевич, 2014, с. 46).

## 5.2. От электронных ламп к транзисторам

Вторая мировая война придала новый импульс развитию электронных устройств, поскольку они были остро необходимы, например, для быстрых и точных расчетов орудийных углов для артиллерии.

В Германии первые вычислительные приборы на базе электромеханических реле создавал в начале 1940-х гг. немецкий инженер Конрад Цузе. Вскоре обнаружилось, что электроламповые вакуумные вентили более надежны и эффективны. (Вентилем в цифровой системе изучения информации является разновидность диода, работе которого не требуется множественное измерение значений тока; его заменяет двоичная система, т. е. последовательность нулей или единиц, соответствующая отсутствию или наличию в цепи электрического тока.)

В 1946 г. первую ламповую ЭВМ построили американцы. В 1950–1960-х гг. вычислительные машины на основе электровакуумных ламп создавались в других странах, включая СССР. Устройства получались громоздкими, но главное – имели низкую скорость вычислений.

Революция в электронной технике началась в 1947 г. в связи с изобретением биполярного транзистора. Именно тогда родилась твердотельная электроника, названная так потому, что управление потоком электронов осуществлялось теперь не в вакууме (как в радиолампах), а в твердом теле полупроводников. (Полупроводниками называются кристаллические вещества, обладающие промежуточной способностью пропускать электротоки по сравнению с проводниками-металлами и диэлектриками (изоляторами). В обычном состоянии полупроводники либо проводят очень малое количество тока, либо не пропускают ток вообще. Но с повышением температуры или под воздействием света проводимость электрических зарядов в них возрастает. Исторически первым проводником, примененным в электронике, был германий. В роли проводников выступали также теллур, селен, другие химические элементы. В настоящее время наиболее широко в качестве полупроводникового материала используется кремний. (Отсюда родилось название «Кремниевая долина» – регион разработки электронных новинок в США.) Любопытно, что оксид кремния (SiO), напротив, выступает в качестве вещества для изготовления диэлектриков, изоляторов.)

Радиоэлектронным компонентом из полупроводникового материала как раз и является транзистор. По сути, это полупроводниковый элемент, который управляет высоким сигналом с помощью низкого (функция усиления). Транзистор способен также исполнять функцию впуска и отключения: при наличии сигнала на входе – впускать электроток, при отсутствии – блокировать. Изобретателями биполярного транзистора стали американские ученые Уильям Шокли, Джон Бардин и Уолтер Браттейн, получившие в 1956 г. Нобелевскую премию по физике «за исследования полупроводников и открытие транзисторного эффекта» (The Nobel Prize..., 1956).

Первое массовое применение транзисторы нашли в производстве радиоприемников. Транзисторные приемники были во много раз компактнее, легче, а часто и дешевле, чем их электроламповые предшественники.

После появления транзисторов семимильными шагами пошел вперед процесс миниатюризации электронных устройств. Первые приборы на полупроводниках строились с применением отдельно функционирующих, индивидуальных транзисторов. Уже в 1958 г. американец Джек Килби разработал первый прототип микросхемы. На следующий год американский изобретатель Роберт Нойс разместил на одном кристалле из кремния цепь транзисторных вентилях. Так была создана первая плоская интегральная микросхема.

Начиная с 1960-х гг., транзисторы стали размещаться в интегральных схемах на полупроводниковой подложке (кристаллической пластинке или пленке), т. е. в чипах. Из чипов формировались модули с включением большого числа микросхем. Количество вентилях в чипах и частота переключений определяли скорость работы любого электронного устройства (Музей компьютерной истории...).

Довольно быстро биполярные транзисторы стали заменяться транзисторами однополярными (полевыми). Первое рабочее устройство такого типа появилось на рынке в 1964 г. Полевые транзисторы основаны на управлении сопротивлением токопроводящего канала с помощью поперечного электрического поля, когда оно создается напряжением, приложенным к затвору. Совсем кратко: биполярные транзисторы управлялись непосредственно током, а однополярные – напряжением.

Со временем выяснилось, что кроме выполнения функций усиления сигнала и включения-блокировки, полевые транзисторы отличались от конкурентных аналогов еще и

меньшими размерами, минимальным потреблением электроэнергии и более низкими издержками производства. К началу XXI в. практически повсеместно в электронике стал применяться полевой транзистор с изолированным затвором, который (затвор) отделялся от токопроводящего канала тонким слоем диэлектрика. Краткое название этого компонента – МОП-, или МДК-транзистор (по-английски: MOSFET). Данная аббревиатура отражает послойную структуру МОП-системы: металл – оксид кремния (диэлектрик) – полупроводник.

По имеющимся данным, с 1970 по 2018 г. за неполные полвека мировая индустрия изготовила 13 секстильонов ( $13 \times 10^{21}$ ) транзисторов, из которых подавляющее большинство (99,9%) составляли МОП-изделия. Известно также, что их количество с тех пор регулярно увеличивалось на многие миллиарды ежедневно. Таким образом, именно МОП-транзисторы являются самым многочисленным артефактом, или самым массовым промышленным продуктом в истории человечества (Музей компьютерной истории...).

Благодаря изобретениям транзистора и микросхем, разработчики электронной техники получили возможность размещать огромное количество (десятки миллионов) полупроводниковых компонентов в одном кристалле. После того, как производство интегральных схем стало массовым, электронные устройства стали еще более миниатюрными и не такими дорогими, как прежде.

Сегодня микросхемы и МОП-транзисторы задействованы во всех видах электронной техники – от зарядных устройств и наушников до самых сложных смартфонов, ноутбуков и компьютеров.

Впечатляют и темпы распространения современных средств компьютеризации. Известно, что в 1955 г. на территории США функционировали только 10 компьютеров, к концу 1950-х гг. их было уже около 2 тыс., в 1970 г. – уже 56 тыс. Всего через 15 лет, к 1985 г., численность одних только персональных компьютеров в этой стране достигла уже 17 млн, а в 2004 г. их было уже более 162 млн (рассчитано нами по: Самые «компьютерные» страны мира..., см. также: Швед, 2013).

Как уже указывалось, создание первого персонального компьютера (1981 г.) и начало применения интернета (1984 г.) образуют верхнюю временную границу НТР XX в., причем вытекающие из этих новаций технологии широкого применения относятся уже к следующему этапу научно-технического прогресса. По этой причине мы ограничиваемся здесь самыми общими оценками роли информационно-коммуникативной революции (ИКР).

Американский социолог и писатель Дж. Данелек подходит к делу как талантливый беллетрист. Он пишет, что персональный компьютер «сделал пишущую машинку устаревшей и оставил в прошлом рукописное письмо». Но именно интернет уменьшил нашу планету до такой степени, что позволил «добраться из Нью-Йорка в Лондон за несколько секунд». Далее указывается, что «мировая сеть» изменила быт людей, предоставила возможность «любому покупать и продавать почти все, что только можно вообразить», а также получать колоссальный объем информации, общаться со старыми друзьями и даже «находить себе спутника жизни». Вместе с тем Дж. Данелек отмечает, что не все возможности интернета позитивны, поскольку Всемирная паутина помогает «разжигать революции» и «распространять ложь со скоростью света» (What are the Most...).

В свою очередь видная венесуэльская исследовательница технологических сдвигов Карлота Перес полагает, что «информационно-коммуникативная революция» (ИКР), начало которой она относит к 1970-м гг., заключается в мировом распространении микропроцессоров,

электронной почты и других носителей информационных технологий, включая различные типы программного обеспечения. Общая схема технологических революций К. Перес не совпадает с той, что применяется в нашей статье<sup>1</sup>. Используемая Перес периодизация НТП привязана к большим волнам обновления и экспансии финансового и производственного капитала (Perez, 2002). Статистика больших финансовых и производственных циклов здесь первична, а этапизация технологических революций ей подчиняется. Что же касается наших публикаций, для нас логика технологических сдвигов находится на первом месте, что не позволяет нам, в частности, отделять применение парового двигателя от первой промышленной революции в Англии, работу первого автомобильного завода от массового использования двигателя внутреннего сгорания и электродвигателей, а начало ИКР от революции в электронной технике 1940 – 1960-х гг. (см. также: Худокормов, 2022, с. 24–41).

## 6. Автоматизация

Автоматизация технологических процессов и производств – это комплекс приемов, методов и средств, нацеленный на создание производственных систем без прямого участия человека, когда на его долю остаются лишь наиболее ответственные текущие решения, либо нестандартные решения в нестандартной обстановке.

Сам термин «автоматизация» достаточно молод. Он вошел в привычный лексикон после того, как в 1947 г. Генри Форд организовал на своем автозаводе специальный отдел по «автоматизации производства».

История автоматических приспособлений корнями уходит в глубь веков. Некоторые самодействующие механизмы, помещенные в поток текущей воды, появились еще в древности. В период второй промышленной революции создавались автоматические устройства для работы железнодорожного транспорта (автоматическая сцепка, приборы для контроля скорости). Тогда же появились первые научные работы об автоматических приспособлениях – в основном на базе классической теории механики.

Серьезный импульс для развития средств механизации и автоматизации производства придало массовое применение в 1920 – 1930-х гг. индивидуальных, предназначенных для каждого станка электрических моторов. Работа недорогих, надежных электроприводов стимулировала начало первого этапа автоматизации. В послевоенные десятилетия начинается широкое внедрение станков-автоматов, многопозиционных агрегатных станков и автоматических линий. В 1960 – 1970-е гг. на основе новейших средств электроники появляются и непрерывно совершенствуются станки с числовым программным управлением.

По достигнутой степени различают автоматизацию частичную, комплексную и полную. Полезный эффект приносят все стадии, но в неравной степени.

Начальная ступень автоматизации имеет место, когда станки-автоматы и полуавтоматы функционируют без автоматизированной связи между собой. Скажем, современный токарный станок-автомат выполняет самостоятельно пять операций, обрабатывая заготовку из

---

<sup>1</sup> К. Перес выделяет пять технологических революций, фиксируя для каждой год ее старта:

- 1) промышленная революция (1771 г.);
- 2) паровой двигатель и железные дороги (1829 г.);
- 3) сталь, электричество и тяжелая промышленность (1875 г.);
- 4) автомобиль и массовое производство (1908 г.);
- 5) информационно-коммуникативная революция (1971 г.) (Perez, 2002).

стального прутка. Он заменяет несколько станков, на которых раньше трудились отдельные работники. Но перемещение заготовок и полученных деталей, контроль за работой станка все еще выполняется с участием специалиста.

Шагом к комплексной автоматизации является применение автоматических линий. Здесь имеет место автоматизация технологических процессов, решаются вопросы автоматической загрузки линии, транспортировки готовых деталей, контроля, управления и удаления отходов. Примерами могут служить линии на автозаводах по выпуску ведущей шестерни автомобильного редуктора. Одна такая линия экономит труд двадцати человек и способна окупаться в течение трех лет.

Наконец, комплексная автоматизация объединяет уже все производственные участки – от проверки и доставки заготовок до финального тестирования готовых изделий. Такие заводы-автоматы не часто встречаются даже сегодня. Первый из них появился в 1930-е гг. скорее как исключение из правил и прообраз будущего. Это был завод фирмы А.О. Смита по производству автомобильных шасси в городе Милуоки (Средний Запад, США). Российские специалисты, наблюдавшие работу данного предприятия в 1970-х гг., отмечали, что при производственной программе в 10–12 тыс. шасси ежедневно завод имел относительно небольшой персонал в 160 человек, главным образом – наладчиков и инженеров. Утверждалось, что без комплексной автоматизации эту работу должны были бы выполнять 12 тыс. работников. К началу 1980-х гг. заводом в Милуоки было произведено более 100 млн рам для легковых автомашин и 50 млн шасси для грузовиков. И без специальных подсчетов ясно, насколько велика оказалась экономия трудовых ресурсов (ДТ-18 Завод-автомат Смита...).

В СССР, в городе Ульяновске, в 1950 г. был пущен в эксплуатацию завод-автомат по производству автомобильных поршней. Предприятие полностью обслуживалось шестью операторами и двенадцатью наладчиками. Согласно имеющимся оценкам, комплексная автоматизация сократила количество работников на данном предприятии в 6 раз.

При всех плюсах в работе заводов-автоматов, необходимо учитывать, что функционирующие предприятия этого типа имеют ограниченную номенклатуру выпускаемой продукции и систему управления, не приспособленную для частых переналадок. Для полной автоматизации все подсистемы автоматически действующих предприятий должны быть объединены в единую мезоструктуру на базе всеобщей электронизации и специальных управленческих программ. Но это пока дело будущего.

Новейшей формой частичной автоматизации можно считать роботизацию производства. Первого робота-манипулятора изготовил в конце 1950-х гг. американский инженер Джордж Девол. В 1961 г. он запатентовал свое изобретение и тогда же вместе с бизнесменом Дж. Энгельбергером основал первую компанию по конструированию промышленной робототехники. Первый робот, функционировавший в промышленности, был установлен на заводе «Дженерал Моторз» в цеху горячего литья. Деловые круги быстро оценили преимущества новинки, и уже в 1966 г. первые лицензии на применение роботов приобрели компании Японии и финляндская «Нокия» (Музей компьютерной истории...).

Сегодня слышны сигналы о том, что полная автоматизация невыгодна бизнесу. Так, настойчивые попытки лидеров европейского автомобилестроения – немецкого «Фольксвагена» и итальянского «Фиата» – обеспечить полностью безлюдную конвейерную сборку автомобилей закончились крупной неудачей. В итоге роботы-автосборщики пошли в утиль, так как узкоспециализированные автоматы было невозможно реализовать на рынке.

Похожая ситуация сложилась на автозаводе Илона Маска во Фримонте, штат Калифорния, США. Эксперты-оптимизаторы, анализируя практику выпуска электромобиля «Tesla Model 3», пришли к заключению, что основным препятствием росту эффективности принадлежащей И. Маску компании «Тесла» является «чрезмерная автоматизация». Амбициозное стремление к «безлюдному производству» привело к тому, что слишком много ресурсов тратилось, чтобы без конца налаживать и ремонтировать очень сложную производственную структуру предприятия. Полная автоматизация финальной сборки электромобиля оказалась невозможной, поскольку «Tesla Model 3» состоит из нескольких сотен тысяч комплектующих деталей (Tesla Model 3...).

По всей видимости, сегодняшние технологии еще «не доросли» до полной автоматизации. Среди бизнесменов доминируют убеждения, что полная замена людей роботами и автоматами противоречат принципам «бережливого производства».

## 7. Материалы с заданными свойствами

В науке возможность получения веществ с заранее заданными свойствами впервые обосновал выдающийся русский химик Александр Михайлович Бутлеров (1828–1886). Работая над общей теорией химического строения материалов, он пришел к выводу, что, варьируя условия взаимовлияния и само сочетание небольшого количества исходных веществ, можно произвести множество полимерных продуктов с разнообразными признаками. (Полимерами называются сложные вещества, состоящие из «многомерных звеньев» и соединенные в макромолекулы определенными химическими связями.)

Вплоть до середины XIX столетия технический прогресс оперировал природными материалами. Древесина, овечья шерсть, кожа, растительные волокна, природный каучук тоже являются полимерами, но их ассортимент и совокупность свойств очень ограничены. Химическая наука предоставляет широкие возможности по расширению того и другого. Ученые и технологи научились производить конструкционные материалы, прочные как сталь, но более легкие и не подверженные ржавчине, получать небьющиеся заменители стекла, пожаробезопасные волокна, аналоги дерева и т. д.

Считается, что первый искусственный полимер, названный впоследствии целлулоидом, был получен английским изобретателем А. Парком в 1855 году и переоткрыт через несколько лет (в 1869 г.) американским химиком Дж. Хайеттом. Целлулоид, названный «искусственной слоновой костью», нашел применение в изготовлении бильярдных шаров, клавиш пианино и даже искусственных зубов.

В 1884 г. французский изобретатель Г. Шардонне предложил метод производства искусственного волокна из нитроцеллюлозы. Тем самым была создана научная база получения нитрошелка (1890-е гг.), а затем (с 1903 г.) – искусственного шелка и вискозы.

В 1906 г. в США химик и бизнесмен бельгийского происхождения Лео Бакеланд получил первую полностью синтетическую, недорогую пластмассу (бакелит) с универсальными свойствами. Начавшаяся электрификация быстро превратила новый композит в популярный материал для изготовления розеток, выключателей и штепселей.

Таким образом, начало применения искусственных полимеров относится еще к временам второй промышленной революции. Однако вплоть до Второй мировой войны ежегодный выпуск веществ этого класса во всем мире измерялся лишь десятками тысяч тонн. Для



сравнения укажем, что к середине 1970-х гг. указанный объем достиг уже 60 млн т, а к началу 2022 г. производство только одного вида полимеров – пластмасс – составило 380 млн т в год (Суставы, еда...).

Научно-техническая революция середины XX в. существенно расширила ассортимент полимерной продукции. Уже в довоенные годы в ряде стран (США, Англия, СССР, Германия) было налажено производство синтетического каучука. В послевоенные десятилетия синтетические каучуки общего и специального назначения массово применялись в шинной, резинотехнической, обувной промышленности, для получения изоляции кабелей, строительного латекса (пенополиуретана) и даже твердого топлива для ракет.

В 1950-е гг. было налажено производство полиэфирных волокон особой прочности и термостойкости, занимающих ныне ведущую позицию среди волокон искусственного ряда. Они применяются как добавки к различным тканям, при изготовлении искусственного меха, для армирования шин, в составе утеплителей и т. д.

В 1960–1970 гг. ученым удалось синтезировать полиамиды – особую группу пластмасс, используемых, в частности, в виде покрытия против коррозии металлов и бетона. Изделия из полиамидов отличаются повышенной химической стойкостью и стойкостью к износу. В народном хозяйстве полиамиды используются в виде клея, пленок, упаковочных оболочек. В медицине применяются полиамидные протезы, сосуды, хирургические нити. Даже в оружейном деле из полиамидных пластмасс производят, например, магазины и приклады для некоторых модификаций автомата Калашникова.

Сегодня трудно назвать отрасль, где бы не применялись изделия из полимерных материалов, да и внутри самих индустриальных отраслей их применение становится все более интенсивным и широким. Признанным лидером здесь выступает автомобильная промышленность, где используется до сотни видов полимерных композитов различных классов и назначений. Во множестве марок автомобилей из полимеров изготавливаются детали двигателя, бензобака, аккумулятора, рычагов переключения. Полимерное происхождение характерно для приборных панелей, ковриков, проводки, автомобильных шин. Лидерами применения полимеров являются также отрасли строительства, уже упомянутая медицина, производство средств связи.

В ходе НТР ученым, инженерам, технологам удалось создать материалы, обладающие повышенной ударопрочностью, эластичностью, высокой отражательной способностью, другими полезными свойствами. Однако присущая капитализму внутренняя тенденция «экономить на природе» привела к развитию многих негативных явлений. Известно, что массовое производство искусственных полимеров вызвало к жизни близкое по масштабам загрязнение Мирового океана. Сюда, по наблюдениям экологов, ежегодно сбрасывается около 8 млн т изделий из пластика (Суставы, еда...). В открытом океане растет число островов и целых архипелагов из пустых пластиковых пакетов, бутылок, отработавших свой век деталей и рыболовных сетей. Пластиковые свалки множатся и на суше. Налицо, таким образом, «глобальный кризис отходов».

Но этим не исчерпывается масштаб экологических проблем. По подсчетам Greenpeace, при производстве пластмасс и сырья для них в воздух и воду попадает более 170 химикатов, наносящих вред человеческому здоровью – от онкологических заболеваний до расстройства иммунной системы (Суставы, еда...).

Выходов здесь несколько. Можно сделать ставку на вторичную переработку пластика или на массовое производство быстро разлагающихся полимеров, например, на основе растительных волокон и отходов. Но пока выбрасывать отходы в море или на свалку для компаний все еще дешевле, чем заниматься экологичным производством «зеленого» и «синего» мира.

## 8. «Зеленая революция» и биотехнология

«Зеленой революцией» называют комплекс быстрых изменений в аграрном секторе развивающихся стран. Датированные 1940–1970 гг. эти изменения обусловили весомое увеличение сельскохозяйственной продукции, позволив отвести угрозу голода для значительной части населения нашей планеты. «Зеленая революция» является органической частью НТР середины XX в.

«Отцом» «Зеленой революции» по праву считается американский ученый, агроном и селекционер Норман Борлоуг (1914–2009). В тридцатилетнем возрасте он принял участие в работе научной группы, которую руководство фонда Рокфеллера прислало в Мексику по просьбе местного правительства. Под патронатом президента Мануэля Камачо в столице страны, городе Мехико, приступил к работе Международный центр по улучшению сортов кукурузы и пшеницы.

Как сотрудник центра, Н. Борлоуг специализировался на пшенице. Он начал с того, что отобрал четыре сорта, устойчивые к ржавчине и другим болезням, а затем скрестил их с родственными карликовыми сортами из Японии. В течение 12 лет Борлоуг отбирал сеянцы с ограниченным ростом, устойчивые к заболеваниям и жаркому климату. Наконец, ему удалось вывести сорта короткостебельной пшеницы, которые отличались быстрым формированием колоса и были устойчивы к полеганию.

Сорта Борлоуга существенно (до 50%) повысили так называемый индекс урожая, т. е. соотношение между весом зерна и всей надземной части культурных растений. Это означало, что питательные вещества расходовались не на солому, а на целевой продукт в намного большей степени, чем раньше. Начиная с 1961 г., семена карликовой пшеницы массово распространялись среди фермеров Мексики. Это стало одной из причин, по которой эта страна, еще недавно ввозившая хлебные культуры из США, решила продовольственную проблему и сама приступила к экспорту зерновых. Общие сборы пшеницы в Мексике выросли примерно втрое.

Опыт Международного центра, где трудился Н. Борлоуг, заинтересовались другие развивающиеся страны, испытывавшие трудности с продовольствием. Считается, что программы по «взлету урожайности» пшеничных полей принесли ощутимую пользу шести латиноамериканским странам, восьми ближневосточным и двум азиатским (Лауреаты Нобелевской..., 1992, с. 161–162). К последним относились Индия и Пакистан, что было особенно важно. Ведь это были очень большие страны, чье огромное население в прошлом регулярно испытывало муки массового голода.

В 1970 г. выходец из семьи американских фермеров норвежского происхождения Норман Эрнест Борлоуг получил Нобелевскую премию мира «за вклад в решение продовольственной проблемы и особенно за осуществление Зеленой революции». В одном из представлений лауреата отмечалось: «Никто другой из его поколения не сделал столько для того, чтобы дать хлеб голодному миру» (Лауреаты Нобелевской..., 1992).

В результате «зеленой революции» большие успехи были достигнуты в селекции других зерновых, в первую очередь – риса. В середине 1960-х гг. в Международном институте риса на Филиппинах были выведены скороспелые, высокоурожайные чудо-сорты, позволявшие собирать до трех урожаев в год. Во столько же раз выросла в этой стране к началу XXI в. средняя урожайность с рисовых чеков и террас. Селекционная работа обусловила крупные успехи в рисоводстве других государств Юго-Восточной Азии – Китая, Вьетнама, Индонезии.

В целом в развивающихся странах Азии сбор главных зерновых культур с 1960-х по 2000 г. почти повсеместно вырос в несколько раз при общем сокращении посевной площади. За это время во всем мире среднегодовое производство продовольствия увеличилось на четверть и сделалось дешевле на 40% (Независимая газета, 2001). Очевидные успехи «Зеленой революции» интерпретировались некоторыми учеными Запада как универсальное средство борьбы с нищетой развивающегося мира. Однако, уже с 1970-х гг. стали выявляться серьезные препоны на пути к «зеленому благополучию».

Начать с того, что новые сорта зерновых давали повышенные урожаи лишь в условиях высокого агрофона, т. е. при значительном увеличении погектарного применения воды, химических удобрений и инсектицидов. Уже одно это неизбежно несло с собой повышенные экологические риски. Применяемые ядохимикаты даже в умеренной концентрации вызывали опасное загрязнение почв, так как обладали низкой способностью к разложению. Интенсивное орошение сельскохозяйственных земель нередко нарушало естественный водный режим, что приводило к засолению и опустыниванию близлежащих территорий.

Обострялись и противоречия социально-экономического плана. Производители сельской продукции имели неравные возможности в механизации, орошении, получении кредитов, агрономических знаний и помощи. По этим и другим причинам выросла дифференциация между «сильными» и «слабыми» землевладельцами. Наиболее продуктивные земли и капитал во все возрастающей степени концентрировались в руках местных элит. Усилилась неравномерность в прогрессе аграрной эволюции отдельных стран, регионов и целых континентов. Так, практически не затронутой «зеленой революцией» долгое время оставалась и без того отсталая Африка.

Уже в последние десятилетия XX в. импульсы первого «зеленого переворота» в мире оказались почти исчерпанными, и ученые (среди них был Н. Борлоуг) заговорили о необходимости «второй зеленой», или биотехнологической (биологической) революции.

Биотехнологическая революция сегодня – это (в некоторых отношениях) продолжение прогрессивных «зеленых» преобразований середины XX в.

Но есть между ними и существенные различия.

Во-первых, изначальная «зеленая революция» сосредоточивалась в основном на получении более урожайных сортов зерновых – пшеницы, риса, кукурузы. По другим культурам итоги оказались хуже. Вторая «зеленая революция», или революция биотехнологическая, резко расширяет ассортимент улучшенных природных объектов, поскольку применима к любому – каждому из них.

Во-вторых, «зеленая революция» первого типа была способна к реализации только на плодородных землях с достаточным орошением. Биотехнологическая революция в значительной мере преодолевает зональные ограничения, предоставляет возможности применять новые аграрные приемы в регионах, где ранее это было невозможно.

В-третьих, «зеленая революция» 1940–1970-х гг. хотя и была инициирована учеными развитых стран, происходила на территории развивающегося мира (Мексика, Индия, Пакистан, Филиппины). Современная биотехнологическая революция представляет собой настолько наукоемкий процесс, что доступна главным образом наиболее развитым и богатым странам. Развивающиеся страны делают в этом отношении первые шаги, причем, как мы увидим далее, не всегда удачно.

Начало биотехнологической революции датируется второй половиной 1980-х гг., когда США и ведущие страны Западной Европы вступили на путь «органического сельского хозяйства», т. е. хозяйства продуктивного и одновременно берегающего природную среду. На «органических фермах» резко ограничивалось или запрещалось совсем применение искусственных удобрений, пестицидов и инсектицидов, химических стимуляторов роста и добавок в корма животных. Питательные вещества для растений поступали здесь почти исключительно из удобрений органического происхождения, а также в результате запахивания зеленых удобрений (сидератов) и накапливающих азот бобовых культур. Для обогащения почвы использовались приготовленные с помощью микробиологических добавок обеззараженные компосты из собственных и завозимых отходов. Применялись тщательно подобранные севообороты, биологические приемы борьбы с вредителями и болезнями. К органическому земледелию относились и более экономные, щадящие способы обработки земли. Несмотря на более высокие цены, «экологически чистые» продукты питания быстро нашли широкий рынок сбыта и, начиная с 1990-х гг., ферм «органического сельского хозяйства» становилось все больше и больше.

С гораздо большим трудом пробивало себе дорогу второе направление биотехнологической революции, связанное с внедрением генетически модифицированных организмов, или сокращенно – ГМО. Несмотря на то, что данное направление интенсивно развивается уже около 40–45 лет и имеет ряд достижений, оно до сих пор встречает немало противников.

ГМО представляют собой живые объекты, в генные структуры которых с помощью методов геномной инженерии были введены целенаправленные изменения. Таким способом ученые стремятся улучшить свойства растений, микроорганизмов, реже – животных. Указанными методами были получены, в частности, трансгенные сорта картофеля и томатов, устойчивые против колорадского жука, сорта хлопчатника с надежной защитой против хлопковой мухи и других вредителей. Выведены генно-модифицированные сорта кукурузы, могущие справляться с вредителями, сотни лет отравлявшими жизнь фермеров. Более того, имеются новые разновидности тополей, специально «обученные» поглощать через корневую систему загрязненную химикатами воду и испарять ее через листву в уже очищенном виде.

В целом методами геномной инженерии выведены растения и животные, способные успешно бороться с воздействием более десяти вредоносных вирусов. По подсчетам ученых, уже на данном этапе использование трансгенных растений позволяет сократить применение химических инсектицидов на 40–60% (Что такое генная...).

Полученные новыми методами растения не только противостоят вредоносным вирусам, насекомым и болезням. Некоторые из них умеют приспособиться к неблагоприятному климату, недостатку тепла, почвы, воды. Имеются ГМО, которые могут вырабатывать дополнительные полезные свойства. Скажем, «золотой рис» – это генно улучшенный продукт с повышенным содержанием витамина А. Можно упомянуть специально выведенный сорт моркови, который содержит вакцину от туберкулеза (Что такое ГМО...).

Самое же главное заключается в том, что за все время развертывания биотехнологической революции трансгенные продукты не нанесли никакого вреда людям и животным, которые ими питались. Это доказано фундаментальными научными исследованиями, в том числе последних лет (Что такое ГМО...).

Но противников ГМО не становится меньше. Опросы показывают, что к их числу относятся 80% жителей России и до 90% граждан экономически развитых стран Европы. Ситуацию подогревают некоторые СМИ, для которых генно-модифицированный продукт это либо аллерген, либо канцероген, а еда, приготовленная с участием таких продуктов – это «пища Франкенштейна», т. е. человека-монстра.

Справедливости ради надо отметить, что подавляющая часть ученых-биологов выступают за ГМО, а страхи, направленные против их применения, считают по меньшей мере преувеличенными. Крупнейший советский и российский биохимик А.С. Спирин в свое время писал, что для человека трансгенные растения «при употреблении в пищу опасны не более, чем обычные, а скорее менее, именно потому, что их качество жестко контролируют» (Спирин, 2000, с. 10–11).

Но в вопросе практического использования ГМО мир по-прежнему разделен. Больше всего государств – сторонников ГМО – расположено в Западном полушарии. Несомненный лидер здесь – США, где доля выращиваемых трансгенных растений достигла 60%. (В 2015 г. генетически измененные культуры сформировали 99% полученного в этой стране урожая сахарной свеклы, 94% соевых бобов, такую же часть сбора хлопка и 92% объема собранной кормовой кукурузы. Значительная доля ГМО зафиксирована в сборах пшеницы, табака, картофеля и садовой земляники (ГМО есть...)).

Высокое второе место по доле трансгенных растений в общих сборах коллективно занимают Бразилия и Аргентина. На третьем месте совместно расположились Уругвай и Парагвай, на четвертом – Канада.

Лидером Восточного полушария по удельному весу ГМО-продуктов является Индия (номинально – пятое, реально – седьмое место в мире). В целом в нашем полушарии преобладают страны-абстиненты трансгенных организмов. Запрет на выращивание ГМО-культур действует во Франции, Венгрии и Швеции. В Российской Федерации с 2016 г. законом не допускается использование трансгенных семян. Во всех странах Евросоюза законодательно введена максимальная норма допустимого содержания модифицированных генов в продукции – не более 0,9%. (В Японии – 5%, в США – 10%.) Но общая тенденция состоит в медленном, постепенном увеличении доли ГМО-культур. На данный момент эта доля уже достигла 12% мирового урожая (ГМО есть...).

Не только экономически развитые, но и некоторые развивающиеся страны хотели бы приобщиться к достижениям биотехнологической революции. Но процесс этот исключительно сложный и наукоемкий. Он действительно требует осмотрительности и особой осторожности, иначе неизбежны крупные потери.

Известно, что прежние руководители Республики Шри Ланка (бывший Цейлон) были энергичными, напористыми приверженцами концепции «органического сельского хозяйства». В апреле 2021 г. по их инициативе и без особых расчетов в стране был введен запрет на использование искусственных удобрений и других агрохимикатов. Указанное решение породило подлинный хозяйственный коллапс. Уже через полгода после отказа от химических удобрений и средств защиты растений сборы риса в Шри Ланке уменьшились на 20%. Резко

сократились и сборы цейлонского чая – главной экспортной культуры страны. Общие потери сельского хозяйства в 2021 г. приближались к миллиарду долларов. Свой отрицательный вклад в развитие ситуации внесло значительное снижение доходов от туризма (вследствие ограничений от пандемии COVID-19.) Последовали массовые протесты, а потом (8–9 июля 2022 г.) подлинное восстание возмущенных ланкийцев в столице страны – городе Коломбо. Драматические события 2021–2022 гг. стали самым тяжелым социально-экономическим и политическим кризисом в Шри Ланке со времени обретения независимости, а непродуманные меры по «оптимизации» сельского хозяйства сыграли роль пускового механизма к кризису.

Очевидно, что мероприятия по комплексному применению биологических новшеств нельзя проводить волонтаристским образом. В такой огромной стране, как наша, необходимость их всесторонней разработки служит дополнительным аргументом в пользу внедрения долгосрочного научного прогнозирования и планирования.

## **9. Социально-экономические итоги научно-технической революции 1940–1980 гг.**

Начнем с констатации того, что НТР середины и второй половины XX в. существенно обогатила номенклатуру выпускаемых изделий. В одном только СССР (не самой развитой стране мира) накануне его распада производилось примерно 22 млн типоразмеров изделий, а во всей мировой экономике в разы больше.

НТР обусловила высокую изменчивость и текучесть номенклатуры. В высокоразвитых странах раз в 2–3 года номенклатура стала меняться наполовину. При этом значительное число изделий могло изготавливаться по альтернативным технологиям.

Одно из главных направлений НТП – миниатюризация техники – привело к тому, что станок-автомат, гибкая производственная система и робототехника с успехом могли эксплуатироваться и на огромном заводе, и в небольшой мастерской. В итоге появилось значительное число производственных ниш, где мелкое и среднее производство не только не проигрывало, но кое-где выигрывало у производства крупного – за счет большей гибкости, лучшего приспособления к изменчивой номенклатуре и рыночной ситуации.

В силу этого наиболее эффективная экономическая система в развитых странах состояла теперь из крупных дифференцированных фирм и окружающих созвездий малых и средних предприятий, либо напрямую включенных в структуру крупнейших компаний, либо аффилированных с ними в качестве формально независимых ячеек бизнеса, либо самостоятельно осваивающих новые ниши, созданные изменчивой экономикой.

Следует учитывать, что НТР вызвала к жизни новый этап международного разделения труда, обусловившего качественно новый уровень глобализации. Все это, вместе взятое, создало хозяйственный фон для резкого усиления подвижности мировой экономики в целом, ее национальных отделений в частности (Худокормов, 2015, с. 75–76).

Очевидно, что НТР середины и второй половины XX века принесла немало выгод высокоразвитому капитализму. За 45 лет после окончания Второй мировой войны промышленное производство наиболее развитых капиталистических стран увеличилось в объеме в 5,7 раза. Особый успех выпал при этом на долю Японии, ФРГ, Италии, в несколько меньшей степени – Франции и Англии. Даже ведущая страна капитализма – США – подняла свой

промышленный выпуск в 4,6 раза. Беспрецедентный рост был получен в решающей степени за счет научно-технического прогресса и порожденного роста производительности труда.

В послевоенные десятилетия высокоразвитый капитализм продемонстрировал высокую гибкость, умение приспосабливаться к требованиям времени. В 1950–1960-е гг. капиталистическая система «научилась» эффективно применять принципы государственного регулирования, сумела подтянуть до новых рубежей совокупный потребительский спрос. В 1970-е гг. эта же система с немалыми затруднениями, но все же справилась с глобальным нефтяным, энергетическим кризисом, явлениями стагфляции и слампфляции. В 1980-х гг. под руководством праволиберальных и неоконсервативных лидеров ведущие капиталистические страны интенсивно эксплуатировали факторы рыночной конкуренции, частной инициативы и предпринимательства, безжалостно расправились с «кейнсианскими грехами» этатизма и, сократив социальные расходы, добились новых успехов в стимулировании прогресса науки и техники. Капитализм конца XX столетия стал более жестким, даже безжалостным строем, но одновременно улучшил свою технологическую оснащенность.

Необходимо констатировать, что в ходе экономического соперничества с мировым социализмом, в процессе «экономической холодной войны» мировая капиталистическая система надолго ни в чем не уступала своему противнику. Но истиной является и то, что научно-техническое отставание мирового социализма в послевоенный период сложилось не сразу.

В 1950–1960-х гг. социалистическая экономика в СССР и странах Центральной Европы еще демонстрировала высокие темпы прироста промышленности и народного благосостояния. Идеальный «гуру» западногерманского «экономического чуда» Людвиг Эрхард не без гордости заявлял, что ФРГ в 1950-х гг. была едва ли не единственной капиталистической страной, где темпы хозяйственного развития были выше, чем в СССР. Значит, существовал период, когда наша страна выступала в качестве своеобразного эталона экономического роста. Да и в областях науки и техники наши успехи были налицо: космос, ракетная техника, военная и гражданская авиация, новейшие виды вооружений, освоение мирного атома, высококлассные заводы тяжелого машиностроения, станкостроения и др.

Журнал «Эксперт» в одном из номеров 2021 г. организовал обсуждение проблем: в какой области в наибольшей степени сказалось технологическое отставание СССР от США? Когда оно проявилось в полной мере? Каковы основные причины этого явления? Ответы здесь были следующими.

В максимальной степени наше технологическое отставание проявилось в микроэлектронике. Но обозначилось оно не сразу. В ряде моментов мы долгое время шли вровень, или почти вровень. Например, в СССР первый транзистор появился всего через полгода после американского. Первую интегральную схему американцы создали в 1958 г., а первая коммерческая микросхема вышла на рынок США через 2–3 года. В СССР тоже очень быстро была получена германиевая микросхема, которая почти тотчас пошла в производство.

В 1962 г. в Зеленограде был создан Научный центр микроэлектроники. Почти одновременно на Рижском заводе полупроводниковых приборов родилась целая линейка интегральных микросхем. Несколько позже для разработки электронных модулей были образованы НИИ микроприборов и Институт точной технологии, а также аффилированные с ними предприятия «Компонент» и «Анстрем». Приступили к работе специализированные КБ по созданию и внедрению электронной аппаратуры.

В 1964 г. были созданы НИИ молекулярной электроники и завод «Микрон». Как подчеркивает участник дискуссии, член-корреспондент РАН Е.С. Горнев, каждое НИИ электронного профиля обязательно объединялось со специализированным заводом, так как «продукт разрабатывали и тут же отдавали в производство» (Эксперт, 2021, с. 85).

Как отмечает видный специалист по микроэлектронике, профессор Я.Я. Петричкович, вплоть до начала 1970-х гг. мы если и отставали от американцев, то не сильно. Ведь на первых порах микроэлектроника развивалась и в США, и в СССР преимущественно как военная технология, а ВПК всегда находился у нас в приоритете. Перелом случился во второй половине 1970-х гг., когда микроэлектроника вошла в бытовые приборы, в товары массового спроса. С этой поры в США, кроме военных ведомств, в микроэлектронику начал активно инвестировать сектор потребительских товаров. Он действовал не через государственные распоряжения, а через частный бизнес, частное предпринимательство. В 1981 г. в Соединенных Штатах был сконструирован первый персональный компьютер, и тогда «к одному военному движку подключились сразу сотни миллионов. Даже первые годы продаж персональных компьютеров – это десятки миллиардов долларов... Запустилась целая индустрия инвестиций в информационную сферу» (Эксперт, 2021, с. 86).

Выдающийся ученый-электронщик Е.С. Горнев подчеркивает: очень часто мы (т. е. СССР) опережали американцев «в смысле ума, интеллекта, научного задела». По его оценкам, 30% (а, может, и более) российских специалистов по электронике переселились затем в Кремниевую долину. Профессор Я.Я. Петричкович добавляет, что ни один из этих специалистов не выбился в крупные предприниматели, а без частного предпринимательства успех дела в современной микроэлектронике вряд ли возможен.

Он же отмечает далее, что вся организация экономики в СССР 1970–1980-х гг. привела к отставанию не только в электронике, но «в десятках, сотнях других областей». В Советском Союзе, несмотря на рост благосостояния, так и не сложилось «общество потребления», в том смысле, что личное потребление граждан (а не производство ради производства) так и не стало целью, непосредственно определяющей смысл хозяйственной деятельности. Кроме того, «мы не смогли подключить частную инициативу, частный бизнес, частные инвестиции и влить эти технологии в общество потребления». Это и стало, по мнению Я.Я. Петричковича, главной причиной «схлопывания» СССР. Отсюда следует его принципиальный вывод: «Просто на государственных инвестициях нельзя вытянуть современную экономику. Это дело всего общества» (Эксперт, 2021, с. 88–89).

Симптоматично, что почти все эксперты, анализирующие тему технологического отставания СССР от коллективного Запада, датируют начало отставания либо первыми годами, либо серединой 1970-х гг. Очень многие указывают, что в нашем отставании в значительной мере повинно действовавшее тогда руководство СССР, поскольку «вместо принятия крупных радикальных мер принимались меры частные, подчас, декларативные, не предусматривающие реальных стимулов для выпуска новой техники и технологии, технического обновления производства» (Бодрова, Калинов, 2018, с. 68).

Указывается также на уровень военных расходов, превышавший планку разумной достаточности, на закрытый характер советской экономики, не позволивший в должной мере использовать мировые достижения, и, наконец, на устаревшую модель плановой экономики, созданную в период индустриализации 1930–1950-х гг., но мало изменившуюся с той поры.



Остается вопрос: какая экономика в наибольшей степени соответствовала бы современному прогрессу производительных сил и одновременно отвечала бы традициям и менталитету нашей страны?

На наш взгляд, это была бы экономика многоукладного типа, где связующим звеном выступал бы сильный государственный уклад, объединяющий секторы добывающей промышленности, ВПК, сектор высококачественных государственных услуг (образование, здравоохранение, пенсионное обеспечение и пр.).

В нефтяной, газовой и в любой другой отрасли промышленности здесь мог бы действовать акционерный капитал, но при наличии обязательных фондов для справедливого распределения природной ренты.

В такой экономике нашлось бы место для различных форм частного предпринимательства, для массового среднего и малого бизнеса при условии здоровой конкурентной среды и общественно полезной направленности.

Социальную справедливость в таком обществе охраняла бы система высокого прогрессивного обложения личных доходов, высоких косвенных налогов на роскошь, другие меры.

Выдающийся российский экономист Георгий Николаевич Цаголов назвал такую экономику конвергентной, т. е. сочетающей лучшие черты социализма и капитализма (Цаголов, 2018, с. 92). Кроме регулируемой рыночной экономики коммунистического Китая, в сторону такой многоукладной модели эволюционируют системы тех капиталистических стран, что были выработаны под воздействием левого фланга международной социал-демократии. Утвержденные законодательно довольно высокие нормы минимальных заработных плат и пенсий, сокращенной (вплоть до 35 часов) рабочей недели создают в указанных странах серьезные стимулы для внедрения научно-технического прогресса. В то же время система льготного, а кое-где и бесплатного (но качественного), высшего образования формирует общекультурную основу для самых сложных наукоемких инноваций. По нашему мнению, воздействие указанных (небуржуазных, по сути) начал в смешанных системах ощущалось бы еще сильнее, если бы не постоянное грубое давление со стороны адептов «чистого капитализма» и Рах Americana.

Здесь нам хотелось бы еще раз выступить в поддержку концепции реиндустриализации (новой индустриализации) нашего Отечества и поддержать позицию тех экономистов (С.Д. Бодрунова, С.Ю. Глазьева, В.М. Полтеровича, В.Т. Рязанова, И.М. Тенякова, К.А. Хубиева и др.), которые высказываются за преодоление эффекта «неправильно застегнутой первой пуговицы» путем внедрения в нашей стране индикативного (интерактивного) планирования, государственной поддержки отечественных производителей, активной промышленной политики и следования справедливому социальному курсу «России для всех».

Хотелось бы также напомнить, что экономическая мысль нашей страны обладает приоритетом в обосновании как директивной, так и индикативной форм планирования, и эти идеи еще не раз могут сослужить нам хорошую службу в будущем.

Экономическая модель будущего для России будет разрабатываться коллективно. Но уже сейчас ясно: это будет модель, в которой развитие научно-технического прогресса отвечает запросам большинства населения. И чем скорее сформируется это деятельное большинство, тем будет лучше для нашего Отечества.

## Список литературы

Бодрова Е.В., Калинов В.В. Факторы, определившие технологическое отставание СССР накануне перестройки // Вестник Томского государственного университета. История. 2018. № 52.

Бодрунов С.Д. Российская экономическая система: будущее высокотехнологичного материального производства // Экономическое возрождение России. 2014. № 3. С. 5–16.

Глазьев С.Ю. О стратегии модернизации и развития экономики России в условиях глобальной депрессии // Экономика региона. 2011. № 2 (26). С. 14–24.

Лауреаты Нобелевской премии: Энциклопедия: А–Л. М.: Прогресс, 1992.

Независимая газета. 2001. 18 окт.

Образцов П., Шенгелевич М. Русские гении за рубежом. Зворыкин и Сикорский. М.: Издательский дом «Ломоносовъ», 2014.

Полтерович В.М. Стратегия модернизации российской экономики: система интерактивного управления ростом // Журнал новой экономической ассоциации. 2010. № 7. С. 153–170.

Рязанов В.Т. Новая индустриализация России: стратегические цели и текущие приоритеты // Экономическое возрождение России. 2014. № 2 (40). С. 17–25.

Спирин А.С. Биологическая революция: угрозы мнимые и реальные // Химия и жизнь. 2000. № 9.

Теняков И.М., Хубиев К.А., Эпштейн Д.В., Заздравных А.В. Альтернативы стагнации российской экономики: новый геополитический аспект // Terra Economicus. 2022. № 20 (2). С. 40–58.

Худокормов А.Г. История второй промышленной революции (в помощь лектору) // Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. 2022. Т. 14. Вып. 4.

Худокормов А.Г. Экономическая теория: новейшие течения Запада. М.: Инфра-М, 2015.

Цаголов Г.Н. Какой экономический строй в Китае? (К 40-летию начала реформ) // Вопросы политической экономии. 2018. № 3. С. 73–93.

Шваб К. Четвертая промышленная революция. М.: Эксмо, 2021.

Эксперт. 2021. № 48 (1231). 22–28 нояб.

Folta J. What to do with the 20th Century in the History of Science and Technology? (Problems of historiography of science and technology) // Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum. New series. 2007. Vol. 9.

Perez C. Technological Revolutions and Financial Capital. Cheltenham, Northampton.: Edward Elgar, 2002.

17 повседневных вещей, первоначально разработанных для космической отрасли: URL: <https://1gai.ru/publ/526698-17-povsednevnyh-veschej-pervonachalno-razrabotannyh-dlja-kosmicheskoy-otrasli.html> (дата обращения: 11.10.2022).

Ведомости: URL: <https://www.vedomosti.ru/business/news/2021/07/23/879402-rosatom-zakazhet-shest-dopolnitelnih-ledokolov-dlya-sevmorputi> (дата обращения: 11.10.2022).

ГМО есть или не есть?: URL: <http://cgon.rospotrebnadzor.ru/content/62/283/> (дата обращения: 11.10.2022).

ДТ-18 Завод-автомат Смига. Здесь перевыполняют фордовскую норму: URL: <https://pilot-pirks.livejournal.com/103406.html> (дата обращения: 11.10.2022).

Издательский дом «Академия Естествознания»: URL: <https://famous-scientists.ru/great/15/> (дата обращения: 11.10.2022).

История.рф. Главный исторический портал страны: URL: <https://histrf.ru/read/articles/koroliev-ghienii-dieistviia-mify-i-fakty> (дата обращения: 11.10.2022).

Калугина М.Н. Третья научно-техническая революция. Образовательный портал «Справочник»: URL: [https://spravochnick.ru/istoriya/tretya\\_nauchno-tehnicheskaya\\_revolyuciya](https://spravochnick.ru/istoriya/tretya_nauchno-tehnicheskaya_revolyuciya) (дата обращения: 27.12.2022).

Музей компьютерной истории: URL: <https://www.computerhistory.org/siliconengine/practical-monolithic-integrated-circuit-concept-patented/> (дата обращения: 11.10.2022).

Музей компьютерной истории. David Laws. April 02, 2018: URL: <https://computerhistory.org/blog/13-sextillion-counting-the-long-winding-road-to-the-most-frequently-manufactured-human-artifact-in-history/> (дата обращения: 11.10.2022).

Музей компьютерной истории. Timeline of Computer History: URL: <https://www.computerhistory.org/timeline/ai-robotics/> (дата обращения: 11.10.2022).

Отраслевое издание госкорпорации «Росатом»: URL: <https://strana-rosatom.ru/2021/03/22/tri-zhizni-atomnogo-ledokola-lenina/> (дата обращения: 11.10.2022).

Рейтинг: количество компьютеров на 1000 человек. РБК Рейтинг. 2004: URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Рейтинг\\_стран\\_по\\_числу\\_компьютеров\\_на\\_1000\\_жителей\\_\(2004\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Рейтинг_стран_по_числу_компьютеров_на_1000_жителей_(2004)) (дата обращения: 13.12.2022).

Суставы, еда и ДНК: какое место занимают полимеры в современной жизни: URL: <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/621d65569a7947b826978348> (дата обращения: 11.10.2022).

Что такое генная инженерия и зачем вмешиваться в природу организмов: URL: <https://trends.rbc.ru/trends/futurology/612f77ad9a7947ce386b68ba> (дата обращения: 11.10.2022).

Что такое ГМО, почему люди боятся генной инженерии и что с этим делать?: URL: <https://realnoevremya.ru/articles/184744-chto-takoe-gmo-pochemu-lyudi-boyatsya-gennoy-inzhenerii-i-chto-s-etim-delat> (дата обращения: 11.10.2022).

Швед В. Компьютерная гонка с Америкой. Столетие. 04.04.2013: URL: [https://www.stoletie.ru/versia/kompjuternaja\\_gonka\\_s\\_amerikoj\\_449.htm](https://www.stoletie.ru/versia/kompjuternaja_gonka_s_amerikoj_449.htm) (дата обращения 13.12.2022).

CST Industries, Inc., is the complete storage system provider for engineering and manufacturing professionals in thousands of different industries and applications throughout the world: URL: <https://www.cstindustries.com/history/> (дата обращения: 11.10.2022).

Danelek J. What Are the Most Important Inventions of the 20th Century. September 9, 2010 Updated: June 13, 2019: URL: <https://www.toptenz.net/top-10-inventions-of-the-20th-century.php> (дата обращения: 06.12.2022).

Jones E.M. One Small Step // Apollo Lunar Surface Journal, NASA. 1995: URL: <https://www.hq.nasa.gov/alsj/a11/a11.step.html> (дата обращения: 13.12.2022).

Nuclear Share of Electricity Generation. Международное агентство по атомной энергии: URL: <https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/NuclearShareofElectricityGeneration.aspx> (дата обращения: 11.10.2022).

Tesla Model 3 Production Factory: URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ukthS5yjYRU> (дата обращения: 11.10.2022).

The Nobel Prize in Physics 1956: URL: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1956/summary/> (дата обращения: 11.10.2022).

## SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL REVOLUTION IN THE XX CENTURY (TO HELP THE LECTURER)

**Alexander G. Khudokormov**  
*Doctor of Economics, Professor,  
Lomonosov Moscow State University, Faculty of Economics  
(Moscow, Russia)*

### Abstract

*The article analyzes the course and main results of the Scientific and technological revolution (NTR) of the middle and (partly) the second half of the 20th century – from the first tests of the atomic bomb to the introduction of personal computers and the Internet. The period of 1940 – 1980s. is most typical for fundamental innovations in nuclear energy, microelectronics, in the areas of industrial automation, space exploration, creation of polymers with predetermined properties and for the events of the «green revolution». Special attention is paid to the areas of NTR, in which our country has long been in the group of leading states. The question of the reasons for the scientific and technical backwardness of the USSR from the leading countries of the world (since the mid 1970s) is discussed. In conclusion, the general features of an economic model that can bring our country to the forefront of scientific and technological progress are outlined.*

**Keywords:** Scientific and Technological Revolution, Third technological revolution, nuclear energy, space exploration, development of electronics, automation, materials with desired properties, «green revolution».

**JEL:** N00, O33, O57, Q55, R49.

**For citation:** Khudokormov, A.G. (2023) Scientific and Technological Revolution in the XX Century. Scientific Research of Faculty of Economics. Electronic Journal, vol. 15, no. 1, pp. 7-36. DOI: 10.38050/2078-3809-2023-15-1-7-36

### References

Bodrova E.V., Kalinov V.V. Faktory, opredelivshie tekhnologicheskoe otstavanie SSSR nakanune perestroyki. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Istoriya. 2018. No. 52. (In Russ.).

Bodrunov S.D. Rossiyskaya ekonomicheskaya sistema: budushchee vysokotekhnologichnogo material'nogo proizvodstva. Ekonomicheskoe vrozhdzenie Rossii. 2014. No. 3, pp. 5–16. (In Russ.).

Glaz'ev S.Yu. O strategii modernizatsii i razvitiya ekonomiki Rossii v usloviyakh global'noy depressii. Ekonomika regiona. 2011. No. 2 (26), pp. 14–24. (In Russ.).

Laureaty Nobelevskoy premii: Entsiklopediya: A–L. M.: Progress, 1992. (In Russ.).

Nezavisimaya gazeta. 2001. 18 okt. (In Russ.).

- Obraztsov P., Shengelevich M. Russkie genii za rubezhom. Zvorykin i Sikorskiy. M.: Izdatel'skiy dom «Lomonosov"», 2014. (In Russ.).
- Polterovich V.M. Strategiya modernizatsii rossiyskoy ekonomiki: sistema interaktivnogo upravleniya rostom. Zhurnal novoy ekonomicheskoy assotsiatsii. 2010. No. 7, pp. 153–170. (In Russ.).
- Ryazanov V.T. Novaya industrializatsiya Rossii: strategicheskie tseli i tekushchie priority. Ekonomicheskoe vozrazhenie Rossii. 2014. No. 2 (40), pp. 17–25. (In Russ.).
- Spirin A.S. Biologicheskaya revolyutsiya: ugrozy mnimye i real'nye. Khimiya i zhizn'. 2000. No. 9. (In Russ.).
- Tenyakov I.M., Khubiev K.A., Epshteyn D.V., Zazdravnykh A.V. Al'ternativy stagnatsii rossiyskoy ekonomiki: novyy geopoliticheskiy aspekt. Terra Economicus. 2022. No. 20 (2), pp. 40–58. (In Russ.).
- Khudokormov A.G. Istoriya vtoroy promyshlennoy revolyutsii (v pomoshch' lektoru). Nauchnye issledovaniya ekonomicheskogo fakul'teta. Elektronnyy zhurnal. 2022. Vol. 14. No. 4. (In Russ.).
- Khudokormov A.G. Ekonomicheskaya teoriya: noveyshie techeniya Zapada. M.: Infra-M, 2015. (In Russ.).
- Tsagolov G.N. Kakoy ekonomicheskii stroy v Kitae? (K 40-letiyu nachala reform). Voprosy politicheskoy ekonomii. 2018. No. 3, pp. 73–93. (In Russ.).
- Shvab K. Chetvertaya promyshlennaya revolyutsiya. M.: Eksmo, 2021. (In Russ.).
- Ekspert. 2021. No. 48 (1231), 22–28 noyab. (In Russ.).
- Folta J. What to do with the 20th Century in the History of Science and Technology? (Problems of historiography of science and technology). Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum. New series. 2007. Vol. 9.
- Perez C. Technological Revolutions and Financial Capital. Cheltenham, Northampton.: Edvard Elgar, 2002.
- 17 povsednevnykh veshchey, pervonachal'no razrabotannykh dlya kosmicheskoy otrasli: Available at: <https://1gai.ru/publ/526698-17-povsednevnykh-veschej-pervonachalno-razrabotannyh-dlja-kosmicheskoy-otrasli.html> (accessed: 11.10.2022). (In Russ.).
- Vedomosti: Available at: <https://www.vedomosti.ru/business/news/2021/07/23/879402-rosatom-zakazhet-shest-dopolnitelnih-ledokolov-dlya-sevmorputi> (accessed: 11.10.2022). (In Russ.).
- GMO est' ili ne est'?: Available at: <http://cgon.rosпотреbnadzor.ru/content/62/283/> (accessed: 11.10.2022). (In Russ.).
- DT-18 Zavod-avtomat Smita. Zdes' perevypolnyayut fordovskuyu normu: Available at: <https://pilot-pirks.livejournal.com/103406.html> (accessed: 11.10.2022). (In Russ.).
- Izdatel'skiy dom «Akademiya Estestvoznaniya»: Available at: <https://famous-scientists.ru/great/15/> (accessed: 11.10.2022). (In Russ.).
- Istoriya.rf. Glavnyy istoricheskiy portal strany: Available at: <https://histrf.ru/read/articles/koroliev-ghienii-dieistviia-mify-i-fakty> (accessed: 11.10.2022). (In Russ.).
- Kalugina M.N. Tret'ya nauchno-tehnicheskaya revolyutsiya. Obrazovatel'nyy portal «Spravochnik»: Available at: [https://spravochnik.ru/istoriya/tretya\\_nauchno-tehnicheskaya\\_revolyuciya](https://spravochnik.ru/istoriya/tretya_nauchno-tehnicheskaya_revolyuciya) (accessed: 27.12.2022). (In Russ.).
- Muзей komp'yuternoy istorii: Available at: <https://www.computerhistory.org/siliconengine/practical-monolithic-integrated-circuit-concept-patented/> (accessed: 11.10.2022). (In Russ.).
- Muзей komp'yuternoy istorii. David Laws. April 02, 2018: Available at: <https://computerhistory.org/blog/13-sextillion-counting-the-long-winding-road-to-the-most-frequently-manufactured-human-artifact-in-history/> (accessed: 11.10.2022). (In Russ.).

Muzey komp'yuternoy istorii. Timeline of Computer History: Available at: <https://www.computerhistory.org/timeline/ai-robotics/> (accessed: 11.10.2022). (In Russ.).

Otraslevoe izdanie goskorporatsii «Rosatom»: Available at: <https://strana-rosatom.ru/2021/03/22/tri-zhizni-atomnogo-ledokola-lenina/> (accessed: 11.10.2022). (In Russ.).

Reyting: kolichestvo komp'yutеров na 1000 chelovek. RBK Reyting. 2004: Available at: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Reyting\\_stran\\_po\\_chislu\\_komp'yutеров\\_na\\_1000\\_zhiteley\\_\(2004\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Reyting_stran_po_chislu_komp'yutеров_na_1000_zhiteley_(2004)) (accessed: 13.12.2022). (In Russ.).

Sustavy, eda i DNK: kakoe mesto zanimayut polimery v sovremennoy zhizni: Available at: <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/621d65569a7947b826978348> (accessed: 11.10.2022). (In Russ.).

Chto takoe gennaya inzheneriya i zachem vmeshivat'sya v prirodu organizmov: Available at: <https://trends.rbc.ru/trends/futurology/612f77ad9a7947ce386b68ba> (accessed: 11.10.2022). (In Russ.).

Chto takoe GMO, pochemu lyudi boyatsya gennoy inzhenerii i chto s etim delat'?: Available at: <https://realnoevremya.ru/articles/184744-chto-takoe-gmo-pochemu-lyudi-boyatsya-gennoy-inzhenerii-i-chto-s-etim-delat> (accessed: 11.10.2022). (In Russ.).

Shved V. Komp'yuternaya gonka s Amerikoy. Stoletie. 04.04.2013: Available at: [https://www.stoletie.ru/versia/kompjuternaja\\_gonka\\_s\\_amerikoj\\_449.htm](https://www.stoletie.ru/versia/kompjuternaja_gonka_s_amerikoj_449.htm) (accessed: 13.12.2022). (In Russ.).

CST Industries, Inc., is the complete storage system provider for engineering and manufacturing professionals in thousands of different industries and applications throughout the world: Available at: <https://www.cstindustries.com/history/> (accessed: 11.10.2022).

Danelek J. What Are the Most Important Inventions of the 20th Century. September 9, 2010 Updated: June 13, 2019: Available at: <https://www.toptenz.net/top-10-inventions-of-the-20th-century.php> (accessed: 06.12.2022).

Jones E.M. One Small Step // Apollo Lunar Surface Journal, NASA. 1995: Available at: <https://www.hq.nasa.gov/alsj/a11/a11.step.html> (accessed: 13.12.2022).

Nuclear Share of Electricity Generation. Mezhdunarodnoe agentstvo po atomnoy energii: Available at: <https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/NuclearShareofElectricityGeneration.aspx> (accessed: 11.10.2022).

Tesla Model 3 Production Factory: Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=ukthS5yjYRU> (accessed: 11.10.2022).

The Nobel Prize in Physics 1956: Available at: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1956/summary/> (accessed: 11.10.2022).