**Элементы истории цифровых технологий и роль российских ученых**

Развитие цивилизации в XIX и начале XX века было связано, прежде всего, с развитием материального производства. Вторым источником развития было открытие источников энергии и способов ее передачи. Сначала это была механическая энергия, получаемая в результате сгорания топлива; механизмом преобразования энергии служили паровые машины. Следующим шагом было распространение электричества. Электрическая энергия передавалась по проводам в любое место и там могла использоваться для механического движения или освещения. Начало использования электричества также дало импульс развитию новых информационных технологий, обеспечивших передачу информации на большие расстояния по проводам, а затем и без проводов: текстовой информации (телеграф, телетайп), звуковой (радио), передачи изображений (телевидение). Очередной скачок состоял в появлении электронных приборов преобразования информации, также работающих с электрическими сигналами.

Но еще до возникновения электронной техники возникали идеи об автоматизации процессов обработки информации человеком, можно сказать – об искусственном интеллекте. Попытка описать способы человеческих рассуждений в виде точных правил была сделана знаменитым греческим философом [Аристотелем](https://ru.wikipedia.org/wiki/Аристотель) (384–322 годы до нашей эры). Вот пример применения его правила:

*Все люди смертны,   
Сократ – человек, значит Сократ – смертен.*

Вы видите, что рассуждения Аристотеля похожи на наши рассуждения при решении задач. Идея проведения рассуждений с помощью механического устройства была высказана [Раймундом Луллием](https://ru.wikipedia.org/wiki/Раймунд_Луллий) (1235–1315). [Леонардо да Винчи](https://ru.wikipedia.org/wiki/Леонардо_да_Винчи) (1452–1519) помимо многих других вещей изобрел механический калькулятор. Реально первый калькулятор был построен [Вильгельмом Шиккардом](https://ru.wikipedia.org/wiki/Шиккард,_Вильгельм) (1592–1635). Выдающийся философ и математик француз [Блез Паскаль](https://ru.wikipedia.org/wiki/Паскаль,_Блез) (1623–1662) разработал свой калькулятор и изготовил примерно 50 экземпляров.

Один из величайших европейских ученых, математик и философ [Готфрид Вильгельм Лейбниц](https://ru.wikipedia.org/wiki/Лейбниц,_Готфрид_Вильгельм) (1646–1716) также создал свой механический калькулятор, еще более эффективный, в частности, для вычисления произведения чисел. Однако Лейбница интересовали не только вычисления. Он также предложил рассматривать *алфавит человеческой мысли*, состоящий из небольшого количества имен объектов и имен отношений и свойств, из которых можно было строить различные комбинации. Он вычислял количество цепочек, которым можно образовывать из данного количества букв и т. д. Но намного важнее для него было другое. Среди цепочек символов он выделял высказывания, значение которых истина или ложь, а также определения, значением которых может быть какой-то объект или отношение между объектами. Мы сталкиваемся с такими ситуациями в нашем курсе.

[Семён Николаевич Корсаков](https://ru.wikipedia.org/wiki/Корсаков,_Семён_Николаевич) (1787–1853) издал в 1832 г. брошюру на французском языке под названием «Начертание нового способа исследования при помощи машин, сравнивающих идеи». Наиболее существенными с сегодняшней точки зрения представляются следующие положения брошюры и полемики Корсакова с Академией наук по вопросу о применении его идей:

* Вся информация кодируется цепочками символов.
* Разнообразная интеллектуальная работа человека может быть передана машине.
* Одна из задач, которые можно поручить машине, – это классификация объектов и явлений (например – болезней) исходя из огромного количества признаков.

Корсаков предложил конкретный дизайн своих машин, где исходные данные задавались в виде картонных матриц с проколотыми отверстиями, соответствующими нулям и единицам. Такие матрицы (перфокарты) еще до Корсакова использовались для управления нитями ткацкой машины, с начала XX века в течение нескольких десятилетий перфокарты также использовались для ввода информации. Вычисление у Корсакова состояло в сравнении нескольких перфокарт.

В качестве основоположника вычислительной техники, опередившего время, часто упоминают [Чарльза Бэбиджа](https://ru.wikipedia.org/wiki/Бэббидж,_Чарлз) (1791–1871). В 1820-е годы он спроектировал и построил машину, которая осуществляла сложные вычисления, связанные с многочленами – действовала по одной программе с различными исходными данными. В конце 1830-х годов Бэбидж спроектировал свою «Аналитическую машину», которая была уже способна выполнять произвольные программы и была близка к современному пониманию универсального компьютера, хотя при этом оставалась чисто механической. В работе Бэбиджу помогала [Ада Лавлейс](https://ru.wikipedia.org/wiki/Лавлейс,_Ада) (1815–1852), которая подготовила развернутое описание «Аналитической машины» и написала для нее ряд программ. Она считается первым программистом в истории.

С начала XX века математики осознали важность определения и использования общего понятия *вычислимой функции* – функции, вычисляемой каким-то алгоритмом. Исследования американских и британских математиков привели молодого англичанина [Алана Тьюринг](https://ru.wikipedia.org/wiki/Тьюринг,_Алан)а (1912–1954) к его открытию, опубликованному в статье 1936 г. В этой статье он описал работу простого устройства, которое работает с цепочками символов, при этом если в эту цепочку включить программу и исходное данное для нее, то устройство (машина Тьюринга) вычислит результат работы этой программы на исходном данном. Открытие Тьюринга, которое он сделал при поддержке американских математиков (прежде всего, своего научного руководителя [Алонзо Чёрча](https://ru.wikipedia.org/wiki/Чёрч,_Алонзо) (1903–1995)) и британских коллег (прежде всего – [Макса Ньюмана](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ньюман,_Макс) (1897–1984)), состояло в утверждении о том, что любая функция, вычисляемая каким-то алгоритмом, может быть вычислена его машиной при подходящей программе – его «теоретическая» абстрактная машина оказывалась универсальной! Тьюринг был выдающимся ученым, но этим его вклад не ограничился. Во время Второй мировой войны он руководил созданием и использованием компьютера, который не был универсальным, но хорошо справлялся с задачей расшифровки перехваченных радиосообщений немецких войск. Эта работа спасла жизнь многим британским морякам.

В качестве первого компьютера, способного в принципе вычислять произвольную вычислимую функцию по соответствующей программе, обычно упоминается компьютер, разработанный и реализованный в 1941 г. [Конрадом Цузе](https://ru.wikipedia.org/wiki/Цузе,_Конрад) (1910–1995) в Германии. В его системе программирования все же имелся недостаток – в ней отсутствовало ветвление (условный переход). Можно также заметить, что процессор компьютера был не электронный, а электромеханический, то есть в работе процессора участвовали механические элементы (т. н. электромагнитные реле, где в результате прохождения электрического тока возникало магнитное поле и механически замыкались/размыкались контакты). Условный переход был добавлен Цузе в модель компьютера Z4, сборка которого завершилась в 1944–1945 гг., но из-за условий военного и послевоенного времени эксплуатация компьютера началась только осенью 1950 г. в Швейцарии.

Сразу после окончания войны Тьюринг вернулся к созданию универсального компьютера, но уже не как математической абстракции, а в реальности. Он подготовил детальный проект такого компьютера и прочитал о нем цикл лекций.

Первый компьютер, по своему устройству вполне соответствующий нашим представлениям об универсальном компьютере, – это компьютер «Малыш» Манчестерского университета (Великобритания), который начал работать 21 июня 1946 г. Инженеры, создавшие манчестерский компьютер, высоко ценили вклад Тьюринга и Ньюмана в их разработку.

В 1950 г. Тьюринг опубликовал работу «Может ли машина мыслить?», оказавшую влияние на развитие искусственного интеллекта, работал также в математической биологии, исследуя вопрос о том, как на основании цепочки генов развивается живой организм с различными функциями органов.

В 1945 г. в США начал работать компьютер ENIAC, разработанный [Джоном Мочли](https://ru.wikipedia.org/wiki/Мокли,_Джон) (1907–1980) и [Преспером Эккертом](https://ru.wikipedia.org/wiki/Эккерт,_Джон_Преспер) (1919–1995). С 1944 г. в работе над этим компьютером также принимал участие выдающийся математик 20-го века [Джон фон Нейман](https://ru.wikipedia.org/wiki/Нейман,_Джон_фон) (1903–1957). Компьютер ENIAC также был универсальным, однако программу для конкретной вычислимой функции нужно было задавать не путем загрузки в память, а путем пересоединения большого количества проводов и переключения большого числа переключателей. Эти механические операции для загрузки одной программы могли занимать дни и даже недели. Велика была вероятность ошибки. В описании соответствующего «языка программирования» принимали участие фон Нейман и Тьюринг. Первой задачей, для которой был использован этот компьютер, было моделирование водородной бомбы. Создатели ENIAC продолжили работу, дополнив свой дизайн идеей программы, хранимой в памяти машины, как и данные. Была спроектирована и построена в 1949 году машина BINAC и произведен ее пробный запуск. Однако у заказчика этого компьютера она так и не заработала надежно. Их следующим продуктом был UNIVAC I, его пробный запуск прошел в 1950 г., реальная эксплуатация началась в 1951 г.

В ходе описанных работ в Великобритании и США стали ясны некоторые базовые принципы построения создававшихся тогда универсальных компьютеров, остававшиеся во многом верными и в последующие десятилетия. В состав компьютера входили:

* Процессор, включающий арифметическое и логическое устройство и рабочую память (так называемые регистры).
* Устройство управления, включающее память (регистр) для команд, и счетчик, фиксирующий, какая команда выполняется.
* Оперативная память, где хранятся данные и команды.
* Внешняя, большая память.
* Механизмы ввода и вывода.

Эти принципы получили название «Архитектуры фон Неймана», хотя к моменту их явного формулирования фон Неманом в 1945 г. они принадлежали уже всему кругу разработчиков.

Что же происходило в нашей стране? Первым человеком, который загорелся идеей создания компьютера в СССР, стал [Башир Искандарович Рамеев](https://ru.wikipedia.org/wiki/Рамеев,_Башир_Искандарович) (1918–1994), работавший в Научно-исследовательском институте радиолокации, директором которого был академик, инженер-вице-адмирал [Аксель Иванович Берг](https://ru.wikipedia.org/wiki/Берг,_Аксель_Иванович) (1893–1979). Берг оценил предложение Рамеева и направил своего молодого сотрудника в другой институт – Энергетический институт Академии наук к члену-корреспонденту Академии наук, заведующему лабораторией электросистем [Исааку Семёновичу Бруку](https://ru.wikipedia.org/wiki/Брук,_Исаак_Семёнович) (1902–1974). Брук и Рамеев разработали проект компьютера и 4 декабря 1948 года подали заявку на авторское свидетельство на свое изобретение. Такое свидетельство выпускается после одобрения заявки специалистами и служит свидетельством того, кто именно является автором изобретения. Дату – 4 декабря 1948 г. – принято считать днем рождения отечественной информатики и вычислительной техники. Компьютер М-1, реализующий идеи Ромеева и Брука, заработал летом 1951 г.

Параллельно с работами по созданию компьютера, которые велись Рамеевым и Бруком, в Киеве под руководством [Сергея Алексеевича Лебедева](https://ru.wikipedia.org/wiki/Лебедев,_Сергей_Алексеевич) (1902–1974) шла работа, приведшая к пробному запуску 4 августа 1950 г. компьютера МЭСМ (Малая электронно-счетная машина), данные и программы в нем считывались с перфокарт. Это был первый отечественный универсальный компьютер. Считается, что уже в этот период Лебедев формулировал принципы, аналогичные «Архитектуре фон Неймана». Следующим компьютером Лебедева была БЭСМ (Большая электронно-счетная машина), запуск которой произошел уже в Москве в 1952 г. Все первые советские компьютеры создавались как уникальные устройства, для их серийного заводского производства требовалась еще большая работа. Первой серийной машиной, выпущенной в количестве 8 экземпляров, поставленных в ключевые организации – научные, исследовательские, военные – стала в 1954 году «Стрела», ключевым разработчиком которой был Башир Рамеев, а первый запуск ее состоялся в 1953 г.

Ряд компьютеров, разработанных под руководством Сергея Лебедева, получили мировое признание. Самым известным из них был БЭСМ-6.

Для реального использования компьютера нужно разработать алгоритмы, на основе которых создать программы, которые реализуют эти алгоритмы на компьютере. Для многих задач, даже если известно, что они имеют какое-то решение, бывает неясно, как такое решение найти. Но дело не только в этом. Эффективность применения компьютера определяется не только быстротой выполнения им отдельных операций, но и тем, насколько эффективными, экономными по времени работы и используемой памяти будут эти алгоритмы и программы. Наконец, еще одним критическим этапом в применении компьютера является переход от реальной задачи – физической, биологической, экономической и пр., формулируемой в терминах своей науки, к математической модели. Таким образом, выстраивается цепочка «практическая задача – математическая модель – алгоритм решения – программа – вычисление».

В силу этого критическим фактором в применении компьютеров является участие математиков – тех, кто строит модель и создает алгоритм, а также, конечно, программистов – тех, кто строит программы и контролирует процесс вычисления.

В Санкт-Петербурге работал выдающийся математик академик [Андрей Андреевич Марков](https://en.wikipedia.org/wiki/Andrey_Markov_Jr.) (1856–1922). Ему принадлежит, в частности, понятие марковского процесса – последовательности состояний системы, для которой заданы вероятности перехода из одного состояния в другое. Это понятие, как и ряд других результатов Андрея Маркова находят применение в сфере цифровых технологий. В качестве одного из направлений, в которых результаты отечественных ученых получили мировое признание, нужно упомянуть работы математика [Леонида Витальевича Канторовича](https://ru.wikipedia.org/wiki/Канторович,_Леонид_Витальевич) (1912–1986), начатые им в конце 1930-х гг. Исходная задача, которую он решал, относилась к экономике. Способ построения модели, им разработанный, получил название «линейного программирования». Поясним значения двух используемых в этом названии слов. «Линейное» означает, что при формулировании модели использовались линейные неравенства и линейные функции. Они изучаются в школьном курсе математики, пример линейного неравенства: 3х – 7у ≥ 19. Слово «программирование» не имеет отношения к созданию компьютерных программ, здесь оно означает «планирование», создание программы функционирования экономики, взаимодействия предприятий. За свою работу Канторович получил Нобелевскую премию – самую престижную для ученого награду. При этом, хотя достижение Канторовича было в первую очередь математическое, премию он получил по экономике, по математике Нобелевская премия не присуждается.

В 1920–30 гг. в СССР сформировались коллективы математиков мирового уровня, прежде всего, но не только, в основных научных центрах страны – Москве и Ленинграде (Санкт-Петербурге).

Канторович получил свои важнейшие исходные результаты, работая в Ленинграде. В Москве сильнейшим коллективом математиков была «Школа Лузина», сформировавшаяся из учеников [Николая Николаевича Лузина](https://ru.wikipedia.org/wiki/Лузин,_Николай_Николаевич) (1883–1950) и их учеников. Наиболее выдающимся представителем российской математики, крупнейшим математиком мира был [Андрей Николаевич Колмогоров](https://ru.wikipedia.org/wiki/Колмогоров,_Андрей_Николаевич) (1903–1987). Еще в 1930-е гг. он разработал математические основания теории вероятностей, сегодня необходимой для построения систем искусственного интеллекта. В 1920–1930 гг. Колмогоров предложил подходы в математической логике, позволяющие охватить классы человеческих рассуждений, более широкие, чем классическая логика, восходящая к Аристотелю, о котором уже говорилось. Построенные представителями школы Лузина [Михаилом Алексеевичем Лаврентьевым](https://ru.wikipedia.org/wiki/Лаврентьев,_Михаил_Алексеевич) (1900–1980), [Мстиславом Всеволодовичем Келдышем](https://ru.wikipedia.org/wiki/Келдыш,_Мстислав_Всеволодович) (1911–1978), [Сергеем Львовичем Соболевым](https://ru.wikipedia.org/wiki/Соболев,_Сергей_Львович) (1908–1989), [Израилем Моисеевичем Гельфандом](https://ru.wikipedia.org/wiki/Гельфанд,_Израиль_Моисеевич) (1913–2009) математические модели играли важную роль в создании отечественной техники, в том числе в атомной, авиационной, космической промышленности, радиоэлектронике. В начале 1950-х гг. Колмогоров вместе со своим учеником [Владимиром Игоревичем Арнольдом](https://ru.wikipedia.org/wiki/Арнольд,_Владимир_Игоревич) (1937–2010) решил проблему Гильберта определимости одних функций через другие, более простые. В начале 2020-х гг. это решение оказалось ключевым в построении нового вида нейронных сетей для искусственного интеллекта. Колмогорову принадлежит подход к фундаментальному понятию сложности объекта, а его ученик [Леонид Анатольевич Левин](https://ru.wikipedia.org/wiki/Левин,_Леонид_Анатольевич) (род. 1948), параллельно с американским ученым [Стивеном Куком](https://ru.wikipedia.org/wiki/Кук,_Стивен_Артур) (род. 1939), получил ключевой результат в проблематике сложности вычислений – точно сформулировал проблему перебора и доказал соответствующие теоремы.

Первую диссертацию по программированию в СССР на тему «Программирование задач внешней баллистики ракет дальнего действия» защитил инженер-полковник [Анатолий Иванович Китов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Китов,_Анатолий_Иванович) (1920–2005). В дальнейшем он сыграл важную роль в развитии отечественной вычислительной техники и ее использовании в процессах управления экономикой. Под руководством Китова в 1958 году в Вычислительном центре № 1 Министерства обороны была разработана самая мощная в мире на тот момент времени ламповая ЭВМ – [М-100](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C-100_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE-%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0)) (сто тысяч операций в секунду), и был создан отдел математической поддержки проектирования этой ЭВМ, куда вошли сильнейшие математики и программисты. На год позже транзисторный компьютер CDC 1604 с таким же быстродействием, разработанный [Сеймуром Креем](https://ru.wikipedia.org/wiki/Крэй,_Сеймур), был запущен в США. Идеи Китова об использовании компьютеров и принципов кибернетики для управления экономикой страны были поддержаны и развиты известным математиком, академиком [Виктором Михайловичем Глушковым](https://ru.wikipedia.org/wiki/Глушков,_Виктор_Михайлович), пользовавшимся значительным авторитетом у руководства страны. Однако лишь малую часть идей Китова и Глушкова удалось осуществить.

Среди математиков, осознавших важность научного осмысления проблематики программирования следует упомянуть [Алексея Андреевича Ляпунова](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ляпунов,_Алексей_Андреевич) (1911–1973). Одним из его учеников был [Андрей Петрович Ершов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ершов,_Андрей_Петрович) (1931–1988), который участвовал в создании эффективных инструментов для программирования первых отечественных компьютеров БЭСМ и «Стрела».

Еще на заре распространения компьютеров, когда их количество в мире исчислялось десятками, наряду с решением задач численного моделирования физических, в том числе и технологических процессов, математики, инженеры, философы, психологи задумывались над возможностью моделирования человеческой психики. Об одной из ранних попыток постановки вопроса в этой области Тьюрингом мы уже говорили. Термин «искусственный интеллект», описывающий область науки и технологии, относящейся к передаче компьютеру какой-то части интеллектуальной деятельности человека, предложил [Джон Маккарти](https://ru.wikipedia.org/wiki/Маккарти,_Джон) (1927–2011) в 1956 г. В нашей стране обсуждению данной проблематики в 1950–1960-е гг. велось в рамках научного направления, называемого *кибернетикой*, пытавшегося изучать общие закономерности информационной деятельности человека и компьютера. В 1954 г. в МГУ под руководством Ляпунованачал свою работу семинар «Автоматы и мышление». В этом семинаре принимали участие крупнейшие физиологи, лингвисты, психологи, математики. Принято считать, что именно в это время родился искусственный интеллект в России.

В 1958 г. [Фрэнк Розенблатт](https://ru.wikipedia.org/wiki/Розенблатт,_Фрэнк) (1928–1971) предлагает математическую модель нейронной сети – перспетрона. Советский ученый [Алексей Григорьевич Ивахненко](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ивахненко,_Алексей_Григорьевич) (1913–2007) собирает персептрон – «Машину альфа», а затем усовершенствует ее, создает многослойную нейронную сеть и публикует описания алгоритмов её работы на основе глубокого обучения в 1969 г. В начале 1970-х годов [Александр Иванович Галушкин](https://ru.wikipedia.org/wiki/Галушкин,_Александр_Иванович_(учёный)) (1940–2016) также разрабатывает алгоритмы обучения нейронных сетей. Эти работы опередили зарубежные.

Одним из первых лидеров в области искусственного интеллекта в нашей стране стал [Дмитрий Александрович Поспелов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Поспелов,_Дмитрий_Александрович) (1932–2019). Его коллектив в Московском энергетическом институте и Вычислительном центре АН СССР вел широкий спектр исследований от философии и психологии до представления знаний, программирования и решения прикладных задач.

Одним из последних учеников Лузина был [Александр Семёнович Кронрод](https://ru.wikipedia.org/wiki/Кронрод,_Александр_Семёнович) (1921–1986). Блестящий математик, он в конце 1950-х гг. решил посвятить основные усилия – свои и своих учеников – деятельности, связанной с компьютерами и искусственным интеллектом. В качестве одной из пробных задач он рассматривал создание программы игры в шахматы. Это направление привело к тому, что в 1974 году на Первом чемпионате мира по шахматам среди компьютерных программ российская шахматная программа «Каисса» оказалась сильнейшей в мире.

Уже упомянутый академик и адмирал Аксель Берг осуществил важную попытку координации различных исследований, относящихся к созданию и применению компьютеров, и основал Научный совет АН СССР по комплексной проблеме «Кибернетика».

С самого начала в области искусственного интеллекта выделились следующие направления – нейросетевое и логическое. Нейросетевое направление исходило из общей идеи о создания сети простых элементов, которую нужно научить – предъявлять ей большое количество примеров, а сеть обучится, сформирует внутри себя реакцию, аналогичную той, которую она получила в примерах. Обучение будет состоять в настройке связей между элементами. Например, можно научить сеть «распознавать образы», то есть по предъявленному изображению, звукозаписи или иным данным относить полученный объект к тому или иному классу, например, указывать, чья это фотография. В логическом направлении идея состояла в том, чтобы использовать системы, созданные математиками для формального описания логических доказательств и поручить доказательства машине.

И в том и в другом направлении работы шли в различных странах. Были достигнуты результаты в отдельных областях. Например, к 1990 г. удалось сформулировать систему правил, обеспечивающую всю потребность в формальных преобразованиях, которые проводят математики: работа с элементарными функциями, дифференциальными уравнениями и т. д. Были построены системы компьютерной алгебры. Сергей Маслов в Ленинградском отделении Математического института АН СССР нашел подходы к поиску логического вывода, альтернативные к подходу – методу резолюций, примерно в то же время разрабатываемому в США.

В направлении, которое можно считать синтезом двух подходов, работал ближайший сотрудник и соавтор Гельфанда [Михаил Львович Цетлин](https://ru.wikipedia.org/wiki/Цетлин,_Михаил_Львович) (1924–1966). К такому же синтезу можно отнести и алгоритм распознавания образов «Кора» [Михаила Моисеевича Бонгарда](https://ru.wikipedia.org/wiki/Бонгард,_Михаил_Моисеевич). Эти работы постепенно стали известны на Западе. В последние годы «машины Цетлина» считаются возможным дополнением и альтернативой к нейронным сетям. Еще одно альтернативное направление в распознавании образов развивалось [Юрием Ивановичем Журавлевым](https://ru.wikipedia.org/wiki/Журавлёв,_Юрий_Иванович_(математик)) (1935–2022) и его учениками. Указанные работы были доведены до впечатляющих практических приложений, в том числе – в геологоразведке и медицине.

Среди наиболее широко используемых результатов искусственного интеллекта в современных исследованиях и разработках – статистическая теория восстановления зависимостей по эмпирическим данным [Владимира Наумовича Вапника](https://ru.wikipedia.org/wiki/Вапник,_Владимир_Наумович) (род. 1936) и [Алексея Яковлевича Червоненкиса](https://ru.wikipedia.org/wiki/Червоненкис,_Алексей_Яковлевич) (1938–2014).