

# СОЦИАЛЬНАЯ ИСТОРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

## *АНДРЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ РЕЗАЕВ*

доктор философских наук, профессор,  
профессор кафедры философии Ташкентского  
государственного экономического университета,  
Ташкент, Узбекистан;  
e-mail: rezaev@hotmail.com



## *ВАЛЕНТИН СЕРГЕЕВИЧ СТАРИКОВ*

кандидат социологических наук,  
ассистент Санкт-Петербургского государственного университета,  
Санкт-Петербург, Россия;  
e-mail: v.starikov@spbu.ru



## *АНАСТАСИЯ АНДРЕЕВНА ИВАНОВА*

инженер-исследователь  
Санкт-Петербургского государственного университета,  
Санкт-Петербург, Россия;  
e-mail: anaspis100@gmail.com



## **История искусственного интеллекта в СССР: институциональный контекст, вклад и значение работ ученых для современной науки**

УДК: 930.85

DOI: 10.24412/2079-0910-2024-4-39-55

В статье рассматривается вопрос о том, почему, несмотря на значительные успехи советских ученых в области искусственного интеллекта (ИИ), эта область в СССР не получила столь же активного развития, какое она получила в США. В первой части статьи авторы рассматривают биографии советских ученых, чьи достижения сегодня признаются как весомый вклад в развитие ИИ: В.Н. Вапника, А.Я. Червоненкиса, М.М. Бонгарда, А.А. Маркова и некоторых

© Резаев А.В., Стариков В.С., Иванова А.А., 2024

других. Во второй части представлен анализ институциональных условий развития советской науки, а также мотиваций советских ученых к занятию наукой. По результатам анализа авторы выдвигают три взаимодополняющие гипотезы. Во-первых, в СССР для развития области ИИ был неблагоприятный организационный/институциональный контекст; в частности, не было единой площадки, где могли бы встречаться все те, кто занимается проблемами ИИ. Во-вторых, в СССР развивать ИИ значило работать на государство. Те ученые, кто стремился к этому, занимались применением ИИ к развитию управления экономикой и обществом, но это направление не получило широкого развития. В-третьих, в СССР (особенно на позднем этапе советской истории) имел место эскапизм, уход в чистую науку, связанный с общим разочарованием в проекте нового/советского человека и общества. В заключение авторы выделяют актуальность представленных выводов для понимания возможных траекторий развития ИИ в России и в мире в целом.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, кибернетика, история советской науки, история программирования, капитализм, институциональный анализ.

## Постановка проблемы

Более века назад Макс Вебер писал: «Современный человек, дитя европейской культуры, неизбежно и с полным основанием рассматривает универсально-исторические проблемы с вполне определенной точки зрения. Его интересует прежде всего следующий вопрос: какое сцепление обстоятельств привело к тому, что именно на Западе, и только здесь, возникли такие явления культуры, которые развивались — по крайней мере, как мы склонны предполагать — в направлении, получившем универсальное значение» [Вебер, 1990, с. 44]<sup>1</sup>. Далее он перечислил некоторые из этих явлений: каноническое право, рациональная гармоническая музыка, линейная перспектива, печатная литература, профессиональная научная деятельность, сословное государство, буржуазный промышленный капитализм.

За прошедшее столетие облик социальной жизни изменился весьма значительно. Многие из того, о чем писали классики социологии, утратило свою актуальность [Эспинг-Андерсен, 2010]. Однако приведенный тезис Вебера остается важным хотя бы в том отношении, что сегодня его легко приложить к стремительному вхождению в повседневную жизнь общества технологий искусственного интеллекта (ИИ) [Резаев, Трегубова, 2019].

В рамках настоящей статьи мы обратимся к развитию искусственного интеллекта как особой области компьютерных наук. Здесь, в России/СССР, она не стала тем, чем стала «там» — на Западе, прежде всего — в США. Там она стала отдельным исследовательским направлением, с хорошо различимыми историческими этапами, ключевыми фигурами, отраслями и подотраслями, активными дискуссиями, с признанными научными центрами, устоявшейся учебной программой и сложившейся финансовой базой<sup>2</sup>. ИИ как отдельная область компьютерных наук предоставляет основания для разработки все более эффективных технологий, которые сегодня ис-

<sup>1</sup> Это цитата из веберовского предисловия к сравнительной социологии мировых религий. Русскоязычному читателю данный текст более знаком как Предварительные замечания к «Протестантской этике и духу капитализма».

<sup>2</sup> Подробно с историей развития области ИИ можно ознакомиться в: [Рассел, Норвиг, 2007].

пользуются по всему миру. Сама область ИИ является предметом особого внимания со стороны государства — и Россия здесь не исключение. Иными словами, то, что возникло на Западе, в очередной раз приобрело универсальное значение для человечества.

Но почему проект ИИ как особой области исследований возник именно на Западе, а не где-то еще? Есть разные способы ответить на поставленный вопрос. Один из них, восходящий к сравнительно-историческим исследованиям Макса Вебера, состоит в том, чтобы рассмотреть то, что было «здесь» (в СССР/России), и попытаться понять, почему оно не стало тем, чем стало «там».

Важно отметить: наш вопрос о пионерах (основателях) области ИИ из СССР/России не тождественен вопросу о том, как в СССР развивалась сама область ИИ. По последнему вопросу существует историческая литература, в которой фиксируется, что исследования и разработки по той проблематике, которая в США называлась “artificial intelligence”, в СССР проходили под именем «кибернетика» [Kirtchik, 2023; Peters, 2016]. Нас же интересует то, что для развития области ИИ считается прорывным *в ретроспективе* — сегодня, в эпоху искусственных нейронных сетей, больших данных и глобальной конкуренции.

В настоящей статье мы ставим перед собой три цели.

Первая — познакомить читателя с теми фигурами российской/советской науки и техники, которые заложили основание ИИ как области компьютерных наук, как эта область понимается сегодня.

Вторая — разобраться с тем, почему и как, несмотря на отдельные успехи, эти успехи оказались недостаточными для возникновения ИИ как отдельной области, тогда как в западных странах (в США, прежде всего) было кумулятивное, хотя и волнообразное развитие ИИ.

Третья — исходя из проведенного анализа высказать предположения о том, чего нам ждать дальше в развитии ИИ — в России и в мире в целом.

## Основоположники ИИ в СССР: персоналии

Начнем анализ с рассмотрения и обсуждения биографий отдельных людей. Представленный далее список, разумеется, не претендует на полноту. Линии жизни советских/российских ученых и изобретателей, которые внесли существенный вклад в развитие ИИ, — предмет для отдельного исторического исследования. Здесь мы хотим лишь высветить наиболее яркие имена и наметить направления для будущего анализа.

Первые, кого следует упомянуть из основоположников области ИИ среди советских ученых, — это **Владимир Наумович Вапник** (р. 1936) и **Алексей Яковлевич Червоненкис** (1938–2014), советские математики, которые внесли важный вклад в развитие машинного обучения. С начала 1960-х гг. они разрабатывали статистическую теорию восстановления зависимостей по эмпирическим данным. В настоящее время полученные ими результаты (в частности, понятие размерности Вапника — Червоненкиса, VC dimension) широко известны во всем мире<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Подробнее см.: <https://www.ipu.ru/node/11937> (дата обращения: 02.07.2024), <https://www.ipu.ru/node/12141> (дата обращения: 02.07.2024); <https://habr.com/ru/companies/yandex/>

В.Н. Вапник и А.Я. Червоненкис были учениками **Александра Яковлевича Лернера** (1913–2004) — советского и израильского кибернетика, одного из основоположников теории и практики оптимального управления<sup>4</sup>. В середине 1960-х гг. А.Я. Лернер начинает заниматься вопросами управления большими системами; в это же время в его научные интересы входят задачи распознавания образов, которыми он занимается вместе с Вапником и Червоненкисом. Их исследовательская группа работала в Институте проблем управления АН СССР. Позже Лернер стал одним из самых известных советских «отказников» — граждан СССР, которым было отказано в выезде из страны. В 1972 г. уволенный с официальных должностей Лернер организовал неофициальный «кибернетический семинар», посвященный вопросам управления и приложению математических методов к решению биологических и медицинских проблем<sup>5</sup>. В 1988 г. А.Я. Лернер эмигрирует в Израиль.

В.Н. Вапник и А.Я. Червоненкис после увольнения А.Я. Лернера продолжили работать в Институте проблем управления. В 1990-е гг. их пути разошлись. Вапник работает за рубежом, начав с фирмы *AT&T Bell Laboratories*, где им была создана теория машин опорных векторов (Support Vector Machine). Червоненкис совмещал работу в Институте проблем управления, где занимался применением математических методов в геологии и горном деле, с работой в Лондонском университете, где вел исследования по приложениям методов распознавания образов в генетике.

Другой советский исследователь, внесший вклад в теорию распознавания образов, — **Михаил Моисеевич Бонгард** (1924–1971)<sup>6</sup>. В начале 1950-х гг. М.М. Бонгард стал сотрудником лаборатории биофизики зрения Института биологической физики АН СССР, где первым в СССР начал заниматься моделированием физиологических процессов на компьютере. В начале 1960-х гг. М.М. Бонгард с коллегами организовал в Комарово первую в СССР зимнюю школу-семинар по теории автоматов и распознаванию образов. В 1961 г. под руководством Бонгарда разработана программа «Кора», которая нашла применение для распознавания нефтеносных пластов. В 1963 г. он переходит на работу в Институт проблем передачи информации АН СССР; в 1967 г. публикует книгу «Проблема узнавания» (в 1970 г. издана в английском переводе под названием “Pattern Recognition”). В 1967–1971 гг. М.М. Бонгард возглавлял Лабораторию переработки информации в органах чувств Института проблем передачи информации. Погиб в 1971 г. при восхождении в горах Памира.

Старший современник Вапника и Червоненкиса, М.М. Бонгард пришел к проблемам распознавания образа не со стороны математической статистики, а со стороны биофизики. Однако эти проблемы он рассматривал именно в «алгоритми-

---

articles/238545/ (дата обращения: 02.07.2024). Следует также отметить, что самый мощный суперкомпьютер «Яндекса» назван в честь А.Я. Червоненкиса. См.: <https://yandex.ru/supercomputers> (дата обращения: 02.07.2024).

<sup>4</sup> Подробнее см.: <https://www.ipu.ru/node/11955> (дата обращения: 02.07.2024), URL: <http://kosharovsky.com/%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B2%D1%8C%D1%8E/%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D1%80-%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%80/> (дата обращения: 02.07.2024).

<sup>5</sup> См.: <https://web.archive.org/web/20170411040118/http://topos.memo.ru/nauchnye-seminary-otkaznikov-1972-1989-gody#overlay-context=kategoriya/vse-materialy> (дата обращения: 02.07.2024).

<sup>6</sup> Подробнее см.: <https://www.computer-museum.ru/articles/galglory/3126/> (дата обращения: 02.07.2024).

ческой» логике. Известный советский/российский лингвист Р.М. Фрумкина вспоминала: «Я спросила: “Неужели исходная гипотеза кажется вам гнилой?” На что Бонгард ответил: “Нет, я просто не вижу здесь никакой гипотезы. Гипотеза должна быть сформулирована в виде алгоритма. Далее мы смотрим, работает ли он. Если работает, гипотеза верна”. “Но так, как я, работает вся американская психология”, — возразила я. Михаил Моисеевич отвечал в свойственном ему стиле: “Тем хуже для нее”. <...> Разница в наших подходах состояла вот в чем. Бонгард сознательно выбрал подход инженера, функционально моделирующего основные блоки мышления, о чем и заявил в своей книге. Я же, пусть не вполне осознанно, пыталась понять, как решила ту же задачу природа»<sup>7</sup>.

Также необходимо отметить другое имя, связанное с процессом построения рассуждений. **Сергей Юрьевич Маслов** (1939–1982), советский математик, создал так называемый обратный метод доказательств (инверсный метод) — одну из разновидностей дедуктивных методов, используемых в области ИИ для поиска логического вывода [Рассел, Норвиг, 2007, с. 431]. Примечательно, что С.Ю. Маслов был не только математиком, но и организатором неофициального «семинара по общей теории систем». Этот семинар отражал интеллектуальную атмосферу своей эпохи. Один из его участников вспоминает: «Хотя о самом семинаре помнят многие, может показаться странным, что труднее всего восстанавливать сколько-нибудь точно программу этого первого, матмеховского периода. Многим запомнилась яркая дискуссия о генетике между Р.Л. Берг и А.А. Любищевым, вечер, на котором молодой поэт Виктор Кривулин блестяще разбирал “темные” стихи Хлебникова или (по другим воспоминаниям) Мандельштама. <...> То, что среди участников семинара было много профессиональных математиков и вообще тех, кто получил математическое образование, может объясняться профессией самого С.Ю. Маслова. Существеннее, впрочем, насколько далеко выходили их интересы за пределы математики»<sup>8</sup>.

Помимо ученых, которые работали собственно в области ИИ<sup>9</sup>, следует назвать тех, кто заложил математические основы этой области. Из российских / советских математиков нельзя не упомянуть двоих.

**Андрей Андреевич Марков** (старший) (1856–1922) внес существенный вклад в теорию вероятностей, математический анализ и теорию чисел<sup>10</sup>. А.А. Марков окончил Петербургский университет, в котором потом и преподавал, с 1896 г. — ординарный

<sup>7</sup> См.: [https://web.archive.org/web/20041204072633/http://infoscope.ws/AI/patt\\_rec/Bongard/Frumkina.html](https://web.archive.org/web/20041204072633/http://infoscope.ws/AI/patt_rec/Bongard/Frumkina.html) (дата обращения: 02.07.2024).

<sup>8</sup> См.: <https://zvezdaspb.ru/index.php?page=8&nput=3495> (дата обращения: 02.07.2024).

<sup>9</sup> Достижения Лернера, Вапника, Червоненкиса, Бонгарда и Маслова — не единственные успехи советских ученых в области ИИ. Так, следует упомянуть программу Г.М. Адельсона-Вельского, которая выиграла первый международный турнир для шахматных программ [Feigenbaum, 1968] и стала основой для знаменитой «Каиссы». Можно также вспомнить о статье советских исследователей В.С. Зарицкого, В.Б. Светника, Л.И. Шимелевича «Метод Монте-Карло в задачах оптимальной обработки информации» [Зарицкий и др., 1975], в которой впервые была сформулирована идея повторного формирования выборок, лежащая в основе алгоритма фильтрации частицы [Рассел, Норвиг, 2007, с. 772–773]. Как мы отметили, история подобных достижений ждет своих исследователей.

<sup>10</sup> См.: [https://biblioclub.ru/index.php?page=author\\_red&id=27954](https://biblioclub.ru/index.php?page=author_red&id=27954) (дата обращения: 02.07.2024).

академик Императорской Санкт-Петербургской академии наук. Для области ИИ важны его исследования стохастических процессов с дискретной и непрерывной временной компонентой, названных его именем — марковские цепи и марковские процессы [Рассел, Норвиг, 2007, с. 771]. Марковские процессы предполагают, что следующее состояние процесса вероятностно зависит только от текущего состояния<sup>11</sup>. Примечательно, что сам математик применил эту идею к изучению букв в романе «Евгений Онегин»; сегодня те же принципы используются в компьютерной лингвистике [Пунерски, 2019].

**Андрей Николаевич Колмогоров** (1903–1987) — выдающийся математик, внесший свой вклад во многие области этой науки, основоположник современной аксиоматики теории вероятности<sup>12</sup>. А.Н. Колмогоров окончил Московский университет (МГУ), где затем многие годы руководил основанной им кафедрой теории вероятностей механико-математического факультета и Межфакультетской лабораторией статистических методов. В 1939 г. избран действительным членом Академии наук СССР. Работы А.Н. Колмогорова в теории вероятности заложили основания современной математической статистики. В 1960-е гг. Колмогоров занимался исследованием алгоритмической сложности, которая получила название колмогоровской сложности [Рассел, Норвиг, 2007, с. 898].

Кроме того, важно назвать **Петра Петровича Смирнова-Троянского** (1894–1950), изобретателя, который считается одним из пионеров машинного перевода<sup>13</sup>. В 1930-х гг. он подал заявку и затем запатентовал «машину для подбора и печатания слов при переводе с одного языка на другой». Однако в то время еще не существовало компьютеров, позволяющих реализовать эту идею, и она осталась неосуществленной [Рассел, Норвиг, 2007, с. 1137].

Подводя промежуточные итоги, можно сопоставить рассмотренные нами фигуры по нескольким критериям (см. табл. 1):

По материалам представленных биографий сделаем несколько предварительных наблюдений.

- Как таковой, отдельной области ИИ в СССР не было. Была кибернетика как общий «зонтик» для разных направлений; реальная работа проходила в конкретных организационных единицах, которые могли именоваться по-разному, — в лабораториях, институтах, кафедрах.
- То, что сейчас признается как наиболее значительные достижения советской науки в области ИИ, связано с распознаванием образов. Эта проблематика стала особенно важна сегодня, в эпоху искусственных нейросетей.
- Среди советских исследователей, работавших над вопросами искусственного интеллекта, было немало математиков, и в числе их успехов — значительные результаты в математике. Кроме того, многие из ученых, биографии которых мы рассмотрели, — еврейского происхождения.

Переходя от биографий отдельных людей к характеристике советской науки в целом, обратимся к двум группам факторов. Первая — это характеристики социальной организации советской науки. Вторая — мотивации самих ученых.

<sup>11</sup> Подробнее см.: <https://habr.com/ru/articles/455762/> (дата обращения: 02.07.2024).

<sup>12</sup> Подробнее см.: <https://internat.msu.ru/about/istoriya/kolmogorov/> (дата обращения: 02.07.2024).

<sup>13</sup> Подробнее см.: <https://peoplelife.ru/287077> (дата обращения: 02.07.2024).

Табл. 1. Советские/российские основоположники области ИИ

Table 1. Soviet / Russian Founders of AI

Исследователь (исследовательская группа)	Вклад в область ИИ	Профессиональная область
А.Я. Лернер — В.Н. Вапник — А.Я. Червоненкис	Развитие машинного обучения (распознавание образов)	Математическая статистика, теория управления (как часть кибернетики)
М.М. Бонгард	Теория распознавания образов	Когнитивные исследования (биофизика), теория информации (как часть кибернетики)
С.Ю. Маслов	Дедуктивные рассуждения (логический вывод)	Математическая логика
А.А. Марков (старший)	Формулировка математических оснований области ИИ (теория вероятностей)	«Чистая» (академическая) математика
А.Н. Колмогоров	Формулировка математических оснований области ИИ (теория вероятностей, теория информации)	«Чистая» (академическая) математика
П.П. Смирнов-Троянский	Идея машинного перевода	Изобретатель-самоучка

## Организация советской науки

Характеризуя организацию советской науки, мы будем опираться на три основных источника: 1) на характеристику развития области ИИ в СССР, представленную в: [Kirtchik, 2023]; 2) на исторический анализ профессии советского программиста, осуществленный в: [Tatarchenko, 2019]; 3) на историческое исследование того, почему не возник «советский интернет», в частности — на характеристику становления советской кибернетики [Peters, 2016].

Прежде всего, повторим: то, что в США со времени Дартмутского семинара 1956 г. называлось “artificial intelligence”, в СССР зачастую именовалось кибернетикой. Термин «искусственный интеллект» стал использоваться в названиях советских конференций и научных подразделений в 1970-е гг., но лишь в 1986 г. — за пять лет до распада Советского Союза — прошло организационное размежевание ИИ и кибернетики [Kirtchik, 2023]. При этом то, что мы теперь относим к исследованиям ИИ, называлось в СССР по-разному: адаптивные системы, бионика, исследования операций и др. — и практиковалось в разных организациях. Не было места, где бы ученые собирались вместе: так, на конференции по ИИ не ездили специалисты по распознаванию образов, потому что оно считалось отдельным направлением.

При изучении специальной литературы возникает впечатление, что у советских исследователей не было стремления объединяться вокруг проекта ИИ в том виде, как он существовал в США, — как попытки воспроизвести и превзойти человеческий разум. Почему же в СССР развивали «кибернетику», а не «искусственный интеллект»?

Идея кибернетики в ее современной формулировке появляется в работах Норберта Винера, где она понимается как наука об общих закономерностях управления

и связи (control and communication) в живых организмах и в машинах [Винер, 1983]. Кибернетика как отдельная область возникает раньше ИИ — сам термин появляется в 1947 г., а в 1948 г. выходит монография Винера с одноименным названием. В СССР кибернетику сначала ругали — за чрезмерные притязания в понимании законов природы и общества, за воплощение буржуазной идеологии, и тогда она стояла в ряду с другими «лженаучными» направлениями<sup>14</sup>. Однако в середине 1950-х гг. отношение поменялось: кибернетику стали развивать. И если в США область ИИ становится частью компьютерных наук, то в СССР сходные проблемы обсуждаются в поле кибернетики. Так, в советских переводах классических работ по ИИ термин “computer scientist” очень часто переводили как «кибернетик»<sup>15</sup>.

В отличие от проекта ИИ как попытки воспроизвести человеческий разум, советский кибернетический проект — если вообще можно говорить о едином проекте — связан с идеей управления сложными системами, в том числе — системами с участием людей: фабриками, заводами, советской экономикой в целом<sup>16</sup>. Существовал проект по созданию того, что можно называть «искусственным рынком», — идеальной самоуправляемой плановой экономики, работающей с помощью компьютерных алгоритмов. Однако им занимались отдельные научные группы, и единого направления из него не получилось [Peters, 2016].

Еще одно важное различие между СССР и США заключается в характере дисциплинарных делений. В США проект ИИ возникал как антидисциплинарный по своему характеру: ни одна дисциплина не знает о том, что такое человек в целом, а задача была именно в том, чтобы воспроизвести человеческий разум<sup>17</sup>. Известный критик проекта ИИ философ Хьюберт Дрейфус вспоминал, что создатели этого проекта были стихийными картезианцами: думая, что далеки от философии, они основывались на взглядах на природу человеческого мышления, сформулированных такими философами, как Декарт, Лейбниц и Кант, — взглядах, которые затем подверглись серьезной критике со стороны других философов [Dreyfus, 2012]. В СССР имела место скорее междисциплинарность: дискуссии шли от дисциплинарных и философских (идеологических) проблем и попыток решить эти проблемы совместными усилиями ученых из разных дисциплин. В Советском Союзе не было той объединяющей мечты о воспроизводстве человеческого разума, которая была в США, более того — эта мечта критиковалась с позиций материалистической философии. Причем общая философская грамотность в вопросах методологии науки в

<sup>14</sup> Следует заметить, что научные притязания, за которые ее ругали, очень близки тем, что будут характерны для области ИИ.

<sup>15</sup> См., например: [Вейценбаум, 1962].

<sup>16</sup> Отметим, что научные интересы А.Я. Лернера были связаны с теорией управления. «Я занимался очень актуальной проблемой — теорией оптимального управления, был по существу инициатором этого направления и получал много приглашений», — вспоминал он. См.: <http://kosharovsky.com/%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B2%D1%8C%D1%8E/%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D1%80-%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%80/> (дата обращения: 02.07.2024).

<sup>17</sup> Так, Терри Виноград, один из младшего поколения пионеров в области ИИ в США, вспоминал о своем обучении на аспирантской программе в MIT в 1960-е гг.: было ощущение, что все создается с нуля здесь и сейчас, а учебные курсы аспиранты проходили только для того, чтобы удовлетворить формальным требованиям вуза [Winograd, 1991, p. 12].

СССР была выше, и советская критика чрезмерных притязаний разработчиков ИИ была вполне обоснованной. Вместе с тем в США притязания основателей проекта ИИ, хотя и не воплощались в жизнь, продолжали вдохновлять исследователей на работу в конкретных областях, на решение новых проблем и создание новых технологий. Советские же ученые вдохновлялись скорее на философские дискуссии<sup>18</sup>.

Наконец, существенную роль играл материальный фактор: в СССР было гораздо меньше вычислительных машин и специалистов по работе с ними, чем в США. Более того, в СССР сложилась практика копирования западного программного обеспечения, что со временем поставило страну в положение вечного догоняющего [Tatarchenko, 2019].

Подводя итоги, следует отметить, что в США проект ИИ возник как попытка выхода за дисциплинарные границы в стремлении воссоздать человеческий разум, однако постепенно эта область стала частью компьютерных наук. Несмотря на весьма уязвимые философские основания, проект ИИ вызывал (и продолжает вызывать) энтузиазм у многих исследователей, и этот энтузиазм подогревается наличием технических и финансовых ресурсов. Как результат, были созданы предпосылки для формирования ИИ как индустрии.

В СССР, напротив, проект воспроизводства человеческого разума обсуждался и критиковался с позиций материалистической философии. Внутри кибернетики, понимаемой как теория управления, возник проект не искусственного разума, а «искусственного рынка» — плановой экономики, где план создают и корректируют вычислительные машины. В Советском Союзе также возникали отдельные исследовательские группы и достижения по проблематике того, что в США называется «искусственным интеллектом», однако они были разрозненными. В сочетании с гораздо меньшими материальными и финансовыми ресурсами эта разобщенность привела к тому, что в СССР не сложилась единая область исследований ИИ.

## Мотивации советских ученых

История, рассказанная в предыдущем разделе, ставит перед нами вопрос: почему у американских исследователей и разработчиков был энтузиазм в отношении проекта ИИ, а у советских — его не было? В конечном счете, в других областях (таких как космические исследования и разработки) СССР долгое время не уступал и даже превосходил США. Почему в сфере ИИ этого не произошло? Почему она выглядела настолько более скромно в сравнении с американской?

С одной стороны, как мы уже отмечали, у определенной части исследователей и разработчиков была мотивация к созданию не искусственного разума, а искусственного рынка (плана), который позволил бы развивать советскую экономику. Однако сегодня мы не причисляем это направление к магистральной линии развития ИИ.

С другой стороны, советская научно-техническая интеллигенция зачастую стремилась заниматься «чистой» наукой, а не прикладными задачами. Чтобы понять, почему это так, рассмотрим еще одну историю жизни — советско-американ-

---

<sup>18</sup> Склонность советских авторов к абстрактным рассуждениям по проблемам ИИ — в сравнении с их американскими коллегами — отмечает, например, Эдвард Фейгенбаум [Feigenbaum, 1968].

ского математика **Эдуарда Владимировича Френкеля** (р. 1968). В кратком изложении она такова [Френкель, 2020]: увлекшись математикой еще в школе, Э.В. Френкель стремился к тому, чтобы стать математиком, однако из-за весьма суровой антисемитской политики на мехмате МГУ не смог туда поступить. Он поступил на прикладную математику в Институт нефти и газа и, обучаясь там, параллельно занимался «чистой» математикой, поддерживая контакты с учеными из МГУ. В 1989 г. он получил приглашение в Гарвард, поступил в аспирантуру этого университета и далее продолжил карьеру математика в США.

История жизни Э.В. Френкеля для нас весьма примечательна. В Институте нефти и газа он занимался тем, что в области ИИ называется «экспертными системами». Он анализировал, как врачи ставят диагноз, и затем формулировал алгоритмы, которые могли быть реализованы на компьютере (хотя сами компьютеры их исследовательская группа не использовала) [Френкель, 2020, с. 170–175]<sup>19</sup>. Однако не такая работа привлекала молодого исследователя: «...как будто прикладная математика была моей супругой, а чистая математика — тайной любовницей», — резюмирует он [Там же, с. 175]. Но почему именно чистая математика? Френкель пишет: «Я не ожидал получить взамен ничего, кроме чистой радости и азарта, которые дарует интеллектуальный труд. Мне хотелось посвятить свою жизнь математике, просто потому что мне нравилось заниматься ею. Инертный строй советского государства не позволял молодым талантам проявлять свои способности в коммерции; частный сектор в экономике отсутствовал. Вся хозяйственная деятельность находилась под жестким контролем правительства. Точно так же коммунистическая идеология контролировала интеллектуальную деятельность в гуманитарной, экономической и социальной сферах. <...> В такой обстановке математика и теоретическая физика были настоящими оазисами свободы. <...> с одной стороны, математика была абстрактной и недорогостоящей, а с другой — была полезна в областях, имевших для советских лидеров огромную ценность, в частности для “оборонки”, которая обеспечивала существование режима. <...> Мне кажется, что именно по этой причине многие талантливые молодые студенты выбирали для себя карьеру математика. В этой области они могли по-настоящему заниматься свободным интеллектуальным трудом» [Там же, с. 166–167].

История Френкеля согласуется с двумя наблюдениями, которые мы сделали по материалам рассмотрения биографий советских исследователей: значительная доля математиков и значительная доля ученых — еврейского происхождения. Эти наблюдения можно трактовать с точки зрения сложившихся профессиональных иерархий, связанных в том числе с эмоциональной привлекательностью и престижем самой работы. Стремление заниматься чистой наукой в СССР можно объяснить не только привлекательностью научного творчества как такового, но и стремлением уйти из-под идеологического контроля советского государства. Тем, кому это не удавалось, приходилось выбирать другие, менее привлекательные пути. При

<sup>19</sup> «Рассмотрев пару десятков случаев, я уже и сам мог поставить диагноз, следуя простому набору правил, которые сформулировал на основе предыдущего опроса. Еще полдюжины карт — и я начал предсказывать результат почти с такой же точностью, что и Сергей. В действительности, в большинстве случаев он действовал по довольно простому алгоритму. <...> Я прогнал через этот алгоритм данные по оставшимся 240 пациентам. Уровень совпадения результатов оказался просто поразительным. Примерно в 95 процентах случаев мой алгоритм приводил к правильному диагнозу» [Френкель, 2020, с. 173–174].

этом прикладная математика вызывала все же больше энтузиазма, чем программирование так таковое. Последнее теряло свой престиж по мере того, как происходило копирование западного программного обеспечения, о чем (потере престижа) косвенно свидетельствует значительная доля женщин и евреев среди программистов [Tatarchenko, 2019].

Такое положение дел коренным образом отличается от привлекательности образа техно-гения в США. Американский исследователь в сфере компьютерных наук Джозеф Вейценбаум еще в 1976 г. писал: «Где бы ни организовывались вычислительные центры — в бесчисленных местах в Соединенных Штатах, так же, как фактически во всех промышленных районах мира, — можно наблюдать блестящих молодых людей, всклокоченных, часто с запавшими, но сияющими глазами, которые сидят за пультами управления вычислительных машин, сжав в напряжении руки в ожидании возможности пустить в ход свои пальцы, уже занесенные над кнопками и клавишами, приковывающими их внимание так же, как брошенная игральная кость приковывает взгляд игрока» [Вейценбаум, 1982, с. 161]. Вейценбаум называет таких программистов «хакерами». Примечательно, что автор считает этот феномен универсальным и связывает с особым очарованием, присущим профессии программиста как создателя вымышленных миров — компьютерных программ. Однако советский переводчик замечает: «Явление, о котором пишет здесь автор, не проявляется в советских вычислительных центрах в такой крайней степени <...> Поэтому, насколько нам известно, в отечественном программистском жаргоне соответствующее понятие отсутствует» [Вейценбаум, 1982, с. 164].

Почему же эмоциональная привлекательность профессий, связанных с разработкой ИИ, столь сильно различалась в СССР и в США? Биографии ученых, рассмотренные в настоящей статье, свидетельствуют о том, что энтузиазм у них был. Однако уходил он не в техническую работу, а в теоретическое (математическое) творчество и/или в неформальные семинары, в междисциплинарные и философские дискуссии, в борьбу за свободу слова и высказывания. Последнее соотносится с общей атмосферой позднего Советского Союза, когда общение с близкими людьми — на кухнях, на дачах, в курилках — противопоставлялось участию в публичной стороне жизни советского общества [Юрчак, 2014; Kurg, 2019].

Создавать искусственный интеллект в СССР значило работать на государство. Те, кто хотел это делать, занимались преимущественно вопросами управления и планирования в русле кибернетики. Применительно к разработкам ИИ эти вопросы выглядели как создание идеальной плановой экономики за счет совместной работы людей и компьютеров. Однако многие представители интеллигенции (и чем ближе к концу советского периода — тем больше) не верили советскому государству, желали от него отстраниться, стремились уйти в науку. В США, в свою очередь, ИИ развивался в относительно автономных университетских центрах — да и сами университеты зачастую были частными — или в бизнес-корпорациях. При этом капитализм создавал и продолжает создавать спрос на новые технологии и особую ауру вокруг тех, кто эти технологии разрабатывает.

В более длительной исторической перспективе необходимо отметить следующее. Проект ИИ возник в середине 1950-х гг., когда в Советском Союзе уже более тридцати лет воплощалась попытка строительства нового общества и нового человека, основанная на идеалах научно-технического прогресса, как они были воплощены в марксизме-ленинизме. Тогда советское общество уже прошло/проходило

пик энтузиазма, который после эпохи оттепели заметно пошел на спад. В США, напротив, послевоенный период — начало волны, связанной с построением общества на основе научно-технического прогресса (уже в американском варианте), ведь именно после Второй мировой войны США становятся глобальным центром экономического и социального развития. Развитие ИИ совпало с началом этой волны для американского общества. ИИ рассматривался как одна из удивительных возможностей улучшить жизнь людей с помощью науки и техники. Отголоски этого энтузиазма мы наблюдаем и сегодня — в аргументах корпораций, государств, исследовательских центров, которые обосновывают значение ИИ для человека и человечества.

## Выводы

Суммируем наши рассуждения. Несмотря на быстрый старт и отдельные впечатляющие успехи, в СССР не сложилась отдельная область исследований ИИ. Почему? С одной стороны, из-за решения копировать американскую (зарубежную) технику программист из прикладного кибернетика превратился в представителя не самой престижной профессии. С другой стороны — люди, которые совершали открытия, развивались и делали карьеру в академической среде. Либо появлялись любители-самоучки, чьи идеи не были воплощены в жизнь. Таким образом, имели место отдельные открытия, возникали разрозненные исследовательские группы, но не было организационного пространства, в котором область ИИ могла бы развиваться в полную силу.

Исследование, представленное в настоящей статье, является основанием для формулировки гипотез, которые могут быть проверены в будущих исследованиях. Сформулируем три взаимодополняющие гипотезы о том, почему область ИИ не стала в СССР тем, чем стала в США:

Первая гипотеза: в СССР для развития области ИИ был неподходящий организационный/институциональный контекст<sup>20</sup>: была нужна спокойная среда с мощными ресурсами и тесными связями между разными исследовательскими группами. В СССР такой среды не было.

Вторая гипотеза: в СССР развивать ИИ значило работать на государство, а ученые (особенно на позднем этапе советской истории) не жаловали государственную машину и без особого энтузиазма на нее работали. Те, кто стремился работать на государство, занимались применением ИИ к развитию управления экономикой и обществом, но это направление не получило широкого развития — ни тогда, ни впоследствии.

Третья гипотеза: в СССР (особенно на позднем этапе советской истории) имел место эскапизм, уход в чистую науку, связанный с общим разочарованием в проекте нового/советского человека и общества.

В завершение скажем о том, *что* рассмотренная нами история помогает прояснить для понимания современного положения дел в развитии инструментов ИИ.

---

<sup>20</sup> Сходный тезис формулируется в: [Peters, 2016] в отношении того, почему не возник советский интернет.

Начнем с того, что успех области ИИ в США связан в том числе с энтузиазмом послевоенного американского общества в отношении научно-технического прогресса. Однако весьма вероятно, что пик энтузиазма — по крайней мере для США — уже пройден<sup>21</sup>. Вместе с тем культура и идеология Силиконовой долины продолжают существовать. Гонка за ИИ сейчас проходит в условиях компромисса между старыми и новыми концепциями справедливости, между различными представлениями об идеальном социальном порядке и роли науки в его создании и поддержании.

Следует также отметить, что ИИ сегодня воспринимается как нечто внеповседневное, несущее с собой или величайшее благо, или величайшее зло (а возможно, и то и другое) для человечества, — как ранее воспринимались компьютерные технологии в целом [Alexander, 1990].

Вернемся к тезису Макса Вебера, с которого начиналась статья: появившись на Западе, область ИИ приобрела универсальное значение. Угасание энтузиазма по поводу научно-технического прогресса в США и все бóльшая интернационализация состава ученых-разработчиков в сфере ИИ свидетельствуют о том, что центр развития ИИ может переместиться — или что будут возникать альтернативные центры. Безусловно, перспективы здесь есть и у России — преемницы СССР — с унаследованной любовью к научно-техническому творчеству<sup>22</sup>. Однако пока более очевидным выглядит другой альтернативный центр — Китай.

Поэтому в заключение обратимся к монографии Кай-Фу Ли — китайского ученого и разработчика в области ИИ, знающего и китайскую, и американскую организационную среду [Лу, 2019]. В своей книге он фиксирует энтузиазм китайских предпринимателей в отношении развития новых технологий. Кай-Фу Ли замечает: «Пытаясь заглянуть в будущее искусственного интеллекта, мы видим волны инноваций, которые вскоре захлестнут мировую экономику и приведут к смещению общего геополитического равновесия в сторону Китая. Традиционные американские компании успешно используют глубокое обучение для получения все большей прибыли от своего бизнеса, а компании, давно и тесно связанные с ИИ, такие как *Google*, остаются бастионами недостижимой экспертности. Но когда дело доходит до создания новых интернет-империй, предлагающих новый подход к диагностике болезней, покупке продуктов, использованию транспорта и доставке еды, Китай, кажется, готов стать мировым лидером» [Лу, 2019, с. 140–141]. Таким образом, новый этап — этап повсеместного вхождения ИИ в жизнь людей — вместе с развитием

---

<sup>21</sup> В пользу этого можно привести как минимум два наблюдения. Первое: среди исследователей в сфере ИИ в ведущих центрах США сегодня не так много собственно американцев (зато много китайцев и индийцев — да и граждан бывших республик Советского Союза). Второе: любовь советских людей к чистой математике имеет интересную параллель с тем, что в последние годы на *Youtube* появляется много хороших каналов (преимущественно англоязычных) о математике, и вместе с этим в западных странах — не исключая США — падает доверие к государству. Вместе с тем любые параллели между США и СССР будут ограниченными хотя бы в силу того, что для США характерен не социализм, а капитализм, и спрос на разработчиков ИИ — а значит, престиж и финансовая привлекательность профессии — сегодня только растет.

<sup>22</sup> О том, что в России научно-техническое знание само по себе представляет ценность для разработчиков ИИ и их пользователей, свидетельствуют и результаты наших собственных исследований: [Резаев, Трегубова, 2021].

онлайн-культуры требует нового энтузиазма и допускает варианты организации науки и бизнеса, отличные от американских.

Вместе с тем Кай-Фу Ли отмечает: «...если заглянуть глубже, то мы обнаружим гораздо более серьезные вопросы. Когда ИИ заработает в полную силу, пропасть возникнет не между такими странами, как Соединенные Штаты и Китай. Вместо этого опасные трещины появятся в обществе и экономике всех стран на планете, грозя хаосом и разрушением» [Там же, с. 141]. Здесь возникают вопросы для новых исследований — вопросы, на которые очень трудно ответить без участия социальных наук.

## Литература

*Вебер М.* Избранные произведения. М.: Прогресс, 1990. 808 с.

*Вейценбаум Дж.* Возможности вычислительных машин и человеческий разум. От суждений к вычислениям: Пер. с англ. / Под ред. А.Л. Горелика. М.: Радио и связь, 1982. 368 с.

*Винер Н.* Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине. 2-е изд. М.: Наука; Главная редакция изданий для зарубежных стран, 1983. 344 с.

*Зарицкий В.С., Светник В.Б., Шимелевич Л.И.* Метод Монте-Карло в задачах оптимальной обработки информации // Автоматика и телемеханика. 1975. Вып. 12. С. 95–103.

*Ли К.* Сверхдержавы искусственного интеллекта. Китай, Кремниевая долина и новый мировой порядок. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2019. 342 с.

*Пиперски А.* Статистика языка // Квант. 2019. № 11. С. 9–16.

*Рассел Ст., Норвиг П.* Искусственный интеллект: современный подход. 2-е изд. М.: Изд. дом «Вильямс», 2007. 1408 с.

*Резаев А.В., Трегубова Н.Д.* «Искусственный интеллект», «онлайн-культура», «искусственная социальность»: определение понятий // Мониторинг общественного мнения: Экономические и социальные перемены. 2019. № 6. С. 35–47.

*Резаев А.В., Трегубова Н.Д.* Сайты компаний-разработчиков как источник данных об искусственном интеллекте. Сравнительный анализ *Google*, *Yandex* и *Baidu* // Социологический журнал. 2021. Т. 27. № 4. С. 118–145.

*Френкель Э.* Любовь и математика. Сердце скрытой реальности / Пер. с англ. Е. Шикарева. СПб.: Питер, 2020. 352 с.

*Эспинг-Андерсен Г.* Два общества, одна социология и никакой теории // Журнал исследований социальной политики. 2010. Т. 6. № 2. С. 241–266.

*Юрчак А.В.* Это было навсегда, пока не кончилось. Последнее советское поколение. М.: НЛО, 2014. 664 с.

*Alexander J.* The Sacred and Profane Information Machine: Discourse about the Computer as Ideology // Archives de sciences sociales des religions. 1990. No. 69. P. 161–171.

*Dreyfus H.L.* A History of First Step Fallacies // Minds & Machines. 2012. Vol. 22. P. 87–99.

*Feigenbaum E.A.* Artificial Intelligence: Themes in the Second Decade. Proceedings of International Federation for Information Processing Congress. 1968. Available at: <https://stacks.stanford.edu/file/druid:fd143gb8500/fd143gb8500.pdf> (date accessed: 02.07.2024).

*Kirchik O.* The Soviet Scientific Programme on AI: If a Machine Cannot ‘Think’, Can It ‘Control’? // VJHS Themes. 2023. Vol. 8. P. 111–125.

*Kurg A.* Free Communication: from Soviet Future Cities to Kitchen Conversations // The Journal of Architecture. 2019. Vol. 24. No. 5. P. 676–698.

*Peters B.* How Not to Network a Nation: The Uneasy History of the Soviet Internet. Cambridge, MA: MIT Press, 2016. 312 p.

*Tatarchenko K.* Before the Collapse: Programming Cultures in the Soviet Union // From Russia with Code: Programming Migrations in Post-Soviet Times / Ed. by M. Biagioli, V.A. Lépinay. Durham: Duke University Press, 2019. P. 39–58.

*Winograd T.A.* An Interview. Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, Minneapolis, 1991. Available at: <https://conservancy.umn.edu/server/api/core/bitstreams/a0a8ffa6-0149-4606-88e8-4eec0690d794/content> (date accessed: 02.07.2024).

## **The Story of Artificial Intelligence in the USSR: Institutional Context, Scientific Contribution and Implication for Modern Science**

*ANDREY V. REZAEV*

Tashkent State University of Economics,  
Tashkent, Uzbekistan;  
e-mail: rezaev@hotmail.com

*VALENTIN S. STARIKOV*

Saint Petersburg State University,  
St. Petersburg, Russia;  
e-mail: v.starikov@spbu.ru

*ANASTASIA A. IVANOVA*

Saint Petersburg State University,  
St. Petersburg, Russia;  
e-mail: anaspis100@gmail.com

The paper explores why artificial intelligence (AI) did not experience the same level of active development in the USSR as in the USA despite the significant success of Soviet scientists in the field. It aims to introduce the reader to Soviet / Russian researchers who laid the foundations of AI, and to understand why individual achievements were insufficient for the emergence of AI as a distinct field, as well as to discuss expectations for the future development of AI.

The first part of the paper provides biographical information on Soviet scientists, including Vladimir Vapnik, Alexey Chervonenkis, Mikhail Bongard, and Andrey Markov, whose contributions are now recognized as significant in the development of AI. The second part analyzes the institutional framework of Soviet science and the motivations of Soviet scientists to engage in research activities. Three complementary hypotheses are put forward to explain the lack of active development of AI in the USSR.

First, the USSR had an unfavorable organizational/institutional context for the field of AI, lacking a dedicated space for AI researchers to collaborate. Second, developing AI technologies in the USSR meant working for the state, and while some scientists engaged in applying AI to economic and social

planning, this direction was not widely pursued. Third, there was a trend of retreat into “pure science” associated with disappointment in the Soviet project, particularly in the later stages of Soviet history. In conclusion, the authors emphasize the relevance of these findings for understanding the trajectories of AI development in Russia and worldwide.

**Keywords:** artificial intelligence, cybernetics, history of Soviet science, history of programming, capitalism, institutional analysis.

## References

- Alexander, J. (1990). The Sacred and Profane Information Machine: Discourse about the Computer as Ideology, *Archives de sciences sociales des religions*, no. 69, 161–171.
- Dreyfus, H. (2012). A History of First Step Fallacies, *Minds & Machines*, vol. 22, 87–99.
- Esping-Andersen, G. (2010). Dva obshchestva, odna sotsiologiya i nikakoy teorii [Two societies, one sociology and no theory], *Zhurnal issledovaniy sotsial'noy politiki*, 6 (2), 241–266 (in Russian).
- Feigenbaum, E.A. (1968). Artificial Intelligence: Themes in the Second Decade, *Proceedings of International Federation for Information Processing Congress*. Available at: <https://stacks.stanford.edu/file/druid:fd143gb8500/fd143gb8500.pdf> (date accessed: 02.07.2024).
- Frenkel, E. (2020). *Lyubov' i matematika. Serdtse skrytoy real'nosti* [Love and math: The heart of hidden reality], S.-Peterburg: Piter (in Russian).
- Kirtchik, O. (2023). The Soviet Scientific Programme on AI: If a Machine Cannot ‘Think’, Can It ‘Control’? *BJHS Themes*, no. 8, 111–125.
- Kurg, A. (2019). Free Communication: from Soviet Future Cities to Kitchen Conversations, *The Journal of Architecture*, 24 (5), 676–698.
- Lee, K.-F. (2019). *Sverkhderzhavy iskusstvennogo intellekta. Kitay, Kremnievaya dolina i novyy mirovoy poryadok* [AI superpowers: China, Silicon Valley, and the new world order], Moskva: Mann, Ivanov i Ferber (in Russian).
- Peters, B. (2016). *How Not to Network a Nation: The Uneasy History of the Soviet Internet*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Piperski, A. (2019). Statistika yazyka [Statistics of language], *Kvant*, no. 11, 9–16 (in Russian).
- Rezaev, A.V., Tregubova, N.D. (2019). “Iskusstvennyy intellekt”, “onlayn-kul'tura”, “iskusstvennaya sotsial'nost'”: opredeleniye ponyatiy [Artificial intelligence, on-line culture, artificial sociality: definition of the terms], *Monitoring obshchestvennogo mneniya: ekonomicheskiye i sotsial'nyye peremeny*, no. 6, 35–47 (in Russian).
- Rezaev, A.V., Tregubova, N.D. (2021). Sayty kompaniy-razrabotchikov kak istochnik dannykh ob iskusstvennom intellekte. Sravnitel'nyy analiz *Google, Yandex i Baidu* [What can analysis of the organizations' web sites tell us about AI? Comparative study of the online resources operated at *Google, Yandex, and Baidu*], *Sotsiologicheskyy zhurnal*, 27 (4), 118–145 (in Russian).
- Russell, S., Norvig, P. (2007). *Iskusstvennyy intellekt: sovremennyy podkhod* [Artificial intelligence: a modern approach], Moskva: Izd. dom “Vil'yams” (in Russian).
- Tatarchenko, K. (2019). Before the Collapse: Programming Cultures in the Soviet Union, in M. Biagioli, V.A. Lépinay (Eds.), *From Russia with Code: Programming Migrations in Post-Soviet Times* (pp. 39–58), Durham: Duke University Press.
- Weber, M. (1990). *Izbrannyye proizvedeniya* [Selected works], Moskva: Progress (in Russian).
- Weizenbaum, J. (1982). *Vozmozhnosti vychislitel'nykh mashin i chelovecheskiy razum. Ot suzhdeniy k vychisleniyam* [Computer power and human reason: from judgment to calculation], Moskva: Radio i svyaz' (in Russian).
- Wiener, N. (1983). *Kibernetika, ili upravleniye i svyaz' v zhitovnom i mashine* [Cybernetics, or control and communication in the animal and the machine], Moskva: Nauka; Glavnaya redaktsiya izdaniy dlya zarubezhnykh stran (in Russian).

Winograd, T.A. (1991). *An Interview*. Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, Minneapolis. Available at: <https://conservancy.umn.edu/server/api/core/bitstreams/a0a8ffa6-0149-4606-88e8-4eec0690d794/content> (date accessed: 02.07.2024).

Yurchak, A.V. (2014). *Eto bylo navsegda, poka ne konchilos'*. *Posledneye sovetskoye pokoleniye* [Everything was forever, until it was no more. The last Soviet generation], Moskva: NLO (in Russian).

Zaritskij, V.S., Svetnik, V.B., Shimkevich L.I. (1975). *Metod Monte-Karlo v zadachakh optimal'noy obrabotki informatsii* [Monte-Carlo technique in problems of optimal information processing], *Avtomatika i telemekhanika*, vyp. 12, 95–103 (in Russian).