

---

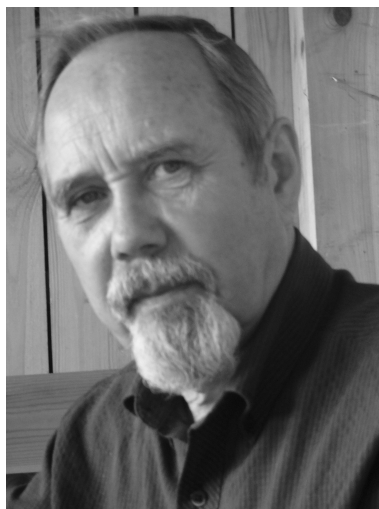
---

# Математический мир

---

---

*Александр Семёнович Холево* — выдающийся специалист по квантовой теории информации. В 2019 году он избран действительным членом Российской академии наук. По просьбе редакции «Математического просвещения» Александр Семёнович рассказывает о своём пути в науку, профессиональных интересах, взглядах на проблемы науки и образования.



## Интервью с академиком А. С. Холево

Я благодарен редакции «Математического просвещения» за предоставленную мне возможность и хотел бы воспользоваться ею в первую очередь для того, чтобы отдать должное тем замечательным людям (хотя бы некоторым из них), которые поддержали меня на пути в Науку.

*Какую школу Вы окончили? Имела ли она физико-математический уклон?*

В 1959 г., обучаясь в десятом классе общеобразовательной школы, я поступил, выдержав довольно серьёзный конкурс, в только что организованную вечернюю физико-математическую школу при МФТИ. Мне несказанно повезло: математику у нас вёл Анатолий Павлович Савин, замечательный педагог, энтузиаст математики и математического просвещения, впоследствии со-организатор олимпиад и знаменитого журнала «Квант». Наиболее полезными учебными пособиями оказались, помимо

популярных задачник Моденова и Шклярского — Ченцова — Яглома, до сих пор сохранившиеся у меня физтеховские брошюрки с задачами приёмных испытаний 1950-х годов. Чего стоила хотя бы такая формулировка: «В ящик вложили  $k$  ящиков. В каждый из этих ящиков либо вложили  $k$  новых ящиков, либо не вложили ни одного, и так далее. Найти число пустых ящиков, если наполненных оказалось  $m$ ». Ничего подобного в обычной школе не проходили. На занятия в вечернюю школу Физтеха я ходил как на праздник и окончил курс весьма успешно.

*Какой вуз и факультет Вы окончили? Чем определялся Ваш выбор? С какой темы началась Ваша научная деятельность?*

Всё сказанное определило моё поступление «на Физтех», которое прошло без особых затруднений. На первом курсе везение продолжилось: семинары по математическим дисциплинам у нас вёл тот же А. П. Савин! Базовое математическое образование на первых трёх курсах МФТИ было на высоте. Матанализ преподавали С. М. Никольский и Л. Д. Кудрявцев, линейную алгебру — А. А. Абрамов и Д. В. Беклемишев, ТФКП — В. Б. Лидский, теормех — Ф. Р. Гантмахер. Семинары по теормеху вёл Ф. Л. Черноусько, тогда аспирант Физтеха. Математика захватила мой ум, и уже на втором курсе я просил совета у Л. Д. Кудрявцева — что делать дальше: переходить на мехмат или продолжать обучение по индивидуальному плану в МФТИ? И тут оказалось, что как раз в это время на Физтехе была организована специальность «Прикладная математика и вычислительная техника». И я перешёл на эту специальность, в группу 38 (из которой впоследствии вырос Факультет управления и прикладной математики), с базовым институтом ВЦ АН СССР. Рядом с Вычислительным центром находился Математический институт им. В. А. Стеклова, и наряду со специалистами ВЦ нам читали курсы и профессора Стекловки. В частности, меня увлёк курс функционального анализа, который читал для нас М. А. Наймарк. Я стал ходить на его семинар по операторным алгебрам, М. А. дал задачу из теории операторов в пространствах с индефинитной метрикой, которой он тогда занимался. Мне удалось её решить, и так появилась моя первая печатная работа.

*Как дальше развивались Ваши исследования? Приходилось ли Вам менять их тематику, заниматься прикладными вопросами?*

Я интересовался и другими вопросами: хотелось быть ближе к приложениям, да и вся направленность учёбы в Физтехе подталкивала в эту сторону. Меня увлекли вероятность и теория случайных процессов, я стал посещать семинары по этим дисциплинам в ИППИ и на мехмате, а также

лекции Ю. А. Розанова в МФТИ, и в конце концов стал его аспирантом. Передо мной была поставлена хорошая задача, восходящая к известным работам У. Гренандера — исследование асимптотических свойств оценок коэффициентов регрессии для процессов с непрерывным временем. У Ю. А. я прошёл суровую, но полезную школу математического писательства — вопросам качества текстов уделялось существенное внимание. В 1969 г. я защитил кандидатскую диссертацию и был принят в Отдел математической статистики МИАН, возглавлявшийся тогда замечательным специалистом и прекрасным человеком Л. Н. Большевым. Чуть ли не на следующий день после защиты я пошёл в библиотеку МИАН: тогда интернета, да что там — персональных компьютеров — ещё и в помине не было, а надо было думать, чем заниматься дальше. Во многом благодаря многочасовым занятиям в математической библиотеке, которая тогда отвечала самым высоким стандартам, определился вектор моих дальнейших исследований. В 1969–1970 гг., отправляясь от проблемы эквивалентности бесконечномерных гауссовских распределений, лежащей в основе ряда вопросов статистики случайных процессов, я перешёл к изучению её некоммутативного аналога — проблемы квазиэквивалентности обобщённо свободных (бозонных гауссовских) состояний на алгебре канонических коммутационных соотношений — и получил интересные результаты. Это было время ренессанса математической квантовой физики, и мною двигало желание разобраться в вероятностной структуре квантовой теории.

В это же время зарождение новых информационных технологий выдвинуло вопрос о последовательном квантовомеханическом обобщении идей и методов теории вероятностей, математической статистики, теории информации и случайных процессов. Я увидел, что в этом направлении открываются необозримые горизонты, позволяющие органически сочетать мои интересы как к теории операторов, так и к вероятностным дисциплинам. С тех пор и до настоящего времени я двигаюсь в этом направлении. На этом пути была разработана математическая теория квантовых каналов связи, доказаны теоремы кодирования квантовой теории информации, изучена структура квантовых марковских процессов... Докторская диссертация, защищённая в 1975 г., была посвящена некоммутативной теории статистических решений.

*Расскажите немного о вопросах, которыми занимаетесь сейчас. В чём Вы видите их интерес и значение?*

Мои нынешние научные интересы связаны с математическими вопросами квантовой информатики. Говоря об этом новом направлении, в первую очередь обычно обращают внимание на небывалые возможности,

которые откроются, когда (и если) инженеры смогут эффективно и целенаправленно манипулировать многочастичными квантовыми системами. На слуху открытие знаменитого американского математика П. Шора — квантовый алгоритм факторизации больших целых чисел — потенциальный «взломщик» популярных криптографических систем. Если бы это удалось реализовать, то потери без преувеличения могли бы превзойти последствия пандемии коронавируса, только в информационной сфере. Правда, квантовая информатика предлагает и противоядие в виде эффективных протоколов квантового распределения секретного ключа, уже реализованных на практике. Эти протоколы опираются на обратную сторону квантового мира — ограничения и запреты (такие, как принцип дополнительности), которые органично встроены в вероятностную структуру квантовой теории. Мои исследования как раз и направлены на выяснение количественных следствий такого рода ограничений. Так, теоремы кодирования квантовой теории информации устанавливают точные границы количества информации (классической или квантовой), которые можно передать по квантовому каналу, используя оптимальные методы кодирования-декодирования. При этом квантовый канал математически описывается вполне положительным отображением алгебр операторов, а нахождение его пропускных способностей приводит к новым оптимизационным задачам для энтропийных характеристик каналов. В более широком, фундаментальном плане, это имеет отношение к исследованию принципиальных ограничений, заложенных в квантовой природе мира, а также, возможно, и границ применимости квантовой теории.

*Что ещё Вы хотели бы сказать читателям «Математического просвещения»?*

В заключение хочу пожелать читателям «Математического просвещения» здоровья, терпения в эти непростые времена, а также выскажу (небесспорную) мысль: условия самоизоляции, когда они напоминают одиночество, способствуют углублённым занятиям математикой и теорфизикой. Так что через некоторое время, по-видимому, здесь стоит ожидать новых ярких открытий.

---

Александр Семёнович Холево,  
Математический институт им. В. А. Стеклова РАН  
holevo@mi-ras.ru