

## ПАМЯТИ ИЛЬИ МЕЕРОВИЧА СОБОЛЯ (15.08.1926–09.12.2025)



На 100-м году жизни от нас ушел известный ученый с мировым именем, крупнейший специалист в области прикладной математики и математического моделирования, главный научный сотрудник ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, профессор, доктор физико-математических наук Илья Меерович Соболев.

Илья Меерович родился в г. Паневежис (Литва). В 1941-43 гг. был эвакуирован в г. Ижевск, с отличием закончил там школу. В 1944 г. поступил на механико-математический факультет (Мехмат) МГУ им. М.В. Ломоносова, где слушал лекции выдающихся математиков А.Н. Колмогорова, И.Г. Петровского, М.В. Келдыша, А.Я. Хинчина, И.М. Гельфанда, П.С. Александрова, Д.Е. Меньшова, В.В. Немыцкого. Незаурядный талант ученого-математика проявился у Ильи Мееровича уже в студенческие годы. Будучи участником семинара по теории дифференциальных уравнений В.В. Степанова и В.В. Немыцкого, он провел исследования асимптотического поведения решений линейных дифференциальных уравнений и связи уравнения Риккати с линейными уравнениями второго порядка. Обе работы были опубликованы в серьезных научных журналах (первая в Математическом сборнике, вторая – в Докладах АН СССР).

Мехмат МГУ Илья Меерович окончил с отличием в 1948 г. и в 1949 г. поступил на работу в только что созданную по постановлению Правительства Лабораторию № 8 Геофизической комплексной экспедиции при Институте геофизики АН СССР, которая впоследствии вошла в Институт прикладной математики АН СССР. Здесь он принимает активное участие в расчетах процессов ядерного и термоядерного взрывов для первых советских атомной и водородной бомб, за эти работы он был награжден орденом «Знак Почета» и медалью «За трудовую доблесть».

С 1954 г. началось увлечение И.М. Соболя методом Монте-Карло, развитием его теории и приложений, большинство последующих работ Ильи Мееровича прямо или косвенно связаны с этой тематикой. Он внес в это направление неоценимый вклад, став одним из всемирно признанных его лидеров. При помощи этого метода и усовершенствований, предложенных Ильей Мейеровичем, были решены многие задачи по квадратурным формулам, методам статистических испытаний, в ядерной и статистической физике, в сложных областях, связанных с планированием эксперимента, расчетом критичности, анализом чувствительности и многих других.

В 1957 г. он предложил использовать метод Монте-Карло для расчета многомерных интегралов и позже неоднократно возвращался к этой теме. Его статья 1967 г. «О распределении точек в кубе и приближенном вычислении интегралов» набрала свыше 1800 ссылок. В 1958 г. в статье «Псевдослучайные числа для машины "Стрела"» он обсудил возможность детерминистического подхода к вычислению математических ожиданий и описал первый оригинальный генератор псевдослучайных чисел. Позднее этот подход стал называться *методом квази-Монте-Карло*. Для получения квазислучайных точек им были начаты исследования по теории равномерного распределения. В 1966 г. он предложил новый класс последовательностей многомерных точек (названных им  $LP_\tau$ -последовательностями), равномерность распределения которых была асимптотически оптимальна. Позднее, в 1976 г., ему удалось выделить  $LP_\tau$ -последовательности с дополнительными свойствами равномерности (эту статью цитировали около 600 раз). Илья Меерович показал их превосходство над другими последовательностями по многим параметрам. Используя члены таких последовательностей вместо случайных чисел в алгоритмах метода Монте-Карло, он показал, что расчеты можно существенно ускорить. Эти последовательности и сейчас остаются непревзойденными, используются во многих расчетах при вычислении интегралов, в задачах оптимизации, в задачах планирования эксперимента. В зарубежной литературе их обычно называются «Sobol sequences».

Илья Меерович – один из авторов монографии «Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло)», опубликованной в 1962 г. и переведенной на несколько языков. В 1968 г. в серии «Популярные лекции по математике» вышло его небольшое пособие «Метод Монте-Карло», которое познакомило с возможностями этого метода широкие круги математиков, физиков и ученых других специальностей и способствовало началу массового использования метода. Пособие неоднократно дополнялась и переиздавалась на русском, немецком, английском и даже испанском и персидском языках. Последний сильно переработанный вариант этого пособия был издан в США в 1994 г. под названием «A Primer for the Monte Carlo Method» (CRC Press) и затем многократно переиздавался.

В 1959 г. Илья Меерович защитил кандидатскую диссертацию по теме «Применение разложений по функциям Хаара к исследованию сеток интегрирования». В ней функции Хаара, известные в теоретической математике, были впервые использованы для решения прикладных задач. В 1969 г. вышла его новая монография «Многомерные квадратурные формулы и функции Хаара», которая легла в основу докторской диссертации Ильи Мееровича «Метод рядов Хаара в теории квадратурных формул», успешно защищенной в Институте математики Сибирского отделения АН СССР в г. Новосибирск в 1972 г. Затем появляется монография «Численные методы Монте-Карло» (1973), в которой можно

встретить многие понятия, введенные автором: конструктивная размерность алгоритма Монте-Карло, векторные статистические веса и др. Монография стала настольной книгой специалистов, многократно переиздавалась и переведена на 5 языков мира.

С 1977 г. Илья Меерович занимается проблемой многокритериальной оптимизации. Он является одним из создателей эффективного метода, в котором пробными точками в пространстве параметров служат точки LP<sub>T</sub>-последовательностей. Метод был апробирован специалистами Института машиноведения АН СССР и ряда других организаций, неоднократно использовавшими его при конструировании различных механизмов и машин. В 1981 г. Ильей Мееровичем опубликована монография «Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями».

Серия работ 1982-1994 гг. посвящена исследованию погрешности некоторых вычислительных алгоритмов на анизотропных классах функций нескольких переменных. Эти работы позволили объяснить, почему алгоритмы, теоретически «оптимальные» на определенных классах функций, при практическом использовании нередко оказываются неэффективными, вместо них следует использовать так называемые «равномерно хорошие» алгоритмы.

В 1990 г. он ввел так называемые глобальные показатели чувствительности, ныне признанные в мире как средство изучения нелинейных функций многих переменных, заданных не формулой, а программой. Построен метод Монте-Карло, позволяющий вычислять такие показатели в самых общих случаях.

Особо следует отметить астрофизические работы Ильи Мееровича — им разработаны алгоритмы и программы расчета методом Монте-Карло широкополосных спектров рентгеновского излучения, формирующихся при многократном комптоновском рассеянии фотонов в высокотемпературной плазме вблизи аккрецирующих черных дыр и нейтронных звезд. Это позволило провести первые полностью релятивистские (основанные на сечении Клейна-Нишины и для релятивистских электронов) расчеты, применимые к случаям как полупрозрачной, так и оптически толстой плазмы, учитывающие образование рентгеновских особенностей в поглощении и линий излучения и многие другие процессы. Были разработаны алгоритмы как для максвелловского распределения электронов по скоростям, характерного для тепловой плазмы вблизи аккрецирующих черных дыр звездной массы (в рентгеновских двойных системах), так и для их степенного распределения в случае релятивистских электронов и позитронов, встречающегося вблизи сверхмассивных черных дыр (в выбросах активных ядер галактик и квазаров) и в молодых пульсарах. Это позволило провести сравнение с развитыми приближенными аналитическими методами, проверить и уточнить область их применимости. Именно ему принадлежит идея использования в расчетах статистических весов, позволяющих за разумное компьютерное время рассчитать спектры излучения со всеми особенностями и с учетом завала на высоких энергиях, т. е. изменяющихся в исследуемом диапазоне энергий на много порядков величины.

Серия статей, опубликованных в ведущих астрофизических журналах и прежде всего в журнале «Письма в Астрономический журнал» в 1976-1988 гг., завершилась изданием в «Итогах науки и техники» (серия «Астрономия»/«Астрофизика и космическая физика») знаменитого обзора (Л.А. Поздняков, И.М. Соболев, Р.А. Сюняев «Комптонизация и

формирование спектров рентгеновских источников», часть 1 в т. 21 за 1982 г., часть 2 в т. 31 за 1986 г.). Обзор был переиздан на английском языке в *Soviet Scientific Reviews, Section E: Astrophysics and Space Physics Reviews*, v. 2 (1983) и стал настольной книгой для теоретиков многих астрофизических групп мира. С помощью разработанных Ильей Мееровичем алгоритмов Монте-Карло рассчитаны сотни разнообразных спектров рентгеновского и гамма-излучения черных дыр, нейтронных звезд, сверхновых, гамма-всплесков, многих других объектов. По его инициативе была рассчитана анизотропия рентгеновского излучения, возникающая в аккреционном диске при приближении к компактному объекту из-за кругового кеплеровского движения плазмы с почти релятивистской скоростью. Разработанные Ильей Мееровичем алгоритмы в той или иной мере лежат в основе всех современных компьютерных кодов трехмерной гидродинамики, учитывающих комптонизацию, а также кодов моделирования сложных рентгеновских и гамма-телескопов и ускорителей.

Илья Меерович также разработал алгоритмы и участвовал в расчетах методом Монте-Карло спектров нейтринного излучения коллапсирующих вырожденных ядер массивных звезд (1982), исследовал неравновесное образование легких элементов каскадами от энергичных антипротонов в ранней Вселенной и связанные с таким образованием элементы задачи ядерной космоархеологии (1988). Он участвовал даже в казалось бы далеких от него работах по гравитационной неустойчивости и образованию крупномасштабной структуры Вселенной (совместная с А.Г. Дорошкевичем статья «Оценка методом Монте-Карло интегралов, встречающихся в нелинейной теории гравитационной неустойчивости», 1987).

При общении с ним было видно, что работа в области астрофизики вызывает у него неподдельный интерес и доставляет огромное удовольствие. Это относилось и к другим физическим задачам, которые ему приходилось решать, даже если при этом не использовались методы Монте-Карло. Например, расчетам температурных волн, проведенным совместно с А.А. Самарским в 1963 г., которые привели к открытию так называемого режима с обострением, описывающего локализацию тепла. У Ильи Мееровича, кстати, были и другие работы, выходящие за пределы тематики методов Монте-Карло, широко известные и часто цитируемые в научной литературе.

Всего И.М. Соболев опубликовал более 170 научных статей и монографий. Большинство статей опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных журналах и имеют очень высокий индекс цитирования.

Более 30 лет, начиная с 1969 г., Илья Меерович читал лекции по теории вероятности и математической статистике в Московском инженерно-физическом институте (МИФИ). Будучи профессором кафедры Прикладной математической физики, он руководил работой студентов и аспирантов. Всего под его руководством защищено свыше двух десятков дипломных работ, среди его учеников есть кандидаты и доктора наук. Также, он читал спецкурсы лекций в других университетах России и мира: Воронеж, Пловдив, Ульяновск, Кайзерслаутерн (ФРГ), Технический университет в Граце (Австрия), Объединенный европейский центр исследований (Испра, Италия).

Многие годы И.М. Соболев являлся членом редколлегии международного журнала «*Monte Carlo Methods and Applications*», участвовал в ряде научных конференций по методам

Монте-Карло, методам оптимизации, теории чувствительности. Он был избран действительным членом Нью-Йоркской академии наук.

Все знавшие Илью Мееровича Соболя отмечали его огромное трудолюбие, исключительную скромность, но при этом негибкую честность и принципиальность. Он очень быстро воспринимал информацию, мгновенно схватывал все нюансы проблемы и предлагал возможное решение. Не мог промолчать, пропуская работу, которую считал неправильной. Вся его жизнь – яркий пример преданного служения науке. Память об Илье Мееровиче навсегда останется в сердцах его друзей, коллег и учеников.

*А.М. Быков, М.Р. Гильфанов, С.А. Гребенев, А.Г. Дорошкевич, С.Ю. Сазонов,  
Р.А. Сюняев, Б.Н. Четверушкин, В.М. Чечеткин, Е.М. Чуразов*