Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

Б. М. Гуревич, И. А. Ибрагимов, Р. А. Минлос, И. А. Овсе-
евич, В. И. Оселедец, М. С. Пинскер, В. В. Прелов,
Ю. В. Прохоров, Я. Г. Синай, А. С. Холево, А. Н. Ши-
ряев, Роланд Львович Добрушин (20.VII.1929–12.XI.1995),
Теория вероятн. и ее примен., 1996, том 41, выпуск 1, 164–
169

DOI: <https://doi.org/10.4213/tvp2784>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразу-
мевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 54.162.27.143

26 апреля 2023 г., 18:17:22

Роланд Львович Добрушин
(20.VII.1929–12.XI.1995)

Отечественная и мировая математика понесли невосполнимую утрату — 12-го ноября 1995 г. скончался выдающийся специалист по теории вероятностей, теории информации и математической физике Роланд Львович Добрушин.

Р. Л. Добрушин родился 20 июля 1929 г. в Ленинграде, однако вся его сознательная жизнь прошла в Москве, куда отец перевез семью в 1936 г., незадолго до своей смерти. Еще будучи школьником Р. Л. Добрушин лишился и матери. В 1947 г. он оканчивает среднюю школу и поступает на механико-математический факультет МГУ, а затем, в 1952 г. — в аспирантуру, где его научным руководителем становится А. Н. Колмогоров. В 1955 г. Р. Л. Добрушин защищает кандидатскую диссертацию, а в 1962 г. — докторскую. В 1955–1967 гг. он ассистент, а затем доцент и старший научный сотрудник кафедры теории вероятностей механико-математического факультета МГУ, откуда уходит, чтобы возглавить только что образованную лабораторию (впоследствии — лабораторию многокомпонентных случайных систем) в Институте проблем передачи информации Академии наук СССР (в настоящее время — лаборатория многокомпонентных систем). Руководителем этой лаборатории он оставался до конца своих дней. Параллельно с этим с 1966 г. по 1990 г. он вел педагогическую работу в Московском физико-техническом институте в качестве профессора кафедры электромагнитных волн. В 1991 г. он вернулся в МГУ, став по совместительству на короткое время профессором кафедры теории вероятностей.

Математические способности Р. Л. Добрушина ярко проявились уже в школьные годы. Он неоднократно с успехом участвовал в школьных математических олимпиадах и к моменту поступления в университет накопил изрядный запас премий. В 1956 г. к ним прибавилась премия Московского математического общества, присуждаемая молодым математикам. Придя на механико-математический факультет, Р. Л. Добрушин окунулся в научную атмосферу, в значительной степени опреде-

лявшуюся тогда деятельностью А. Н. Колмогорова и его учеников. Вскоре он стал участником студенческого семинара Е. Б. Дынкина, из которого вышло много замечательных специалистов в различных областях математики и прежде всего — в теории вероятностей. На последних курсах университета он уже сам был учеником А. Н. Колмогорова, чья рекомендация и энергичная поддержка сделали возможным его поступление в аспирантуру несмотря на возникшие препятствия (носившие отнюдь не деловой характер).

В математическом творчестве Р. Л. Добрушина, продолжавшемся сорок с небольшим лет, можно довольно четко выделить три периода. Первый занял около шести лет, в течение которых Р. Л. Добрушин исследовал различные классы марковских процессов.

Второй период имел примерно такую же длительность; в это время интересы Р. Л. Добрушина были полностью сосредоточены на проблемах теории информации. Наконец, с середины 60-х годов он начинает заниматься математическими задачами статистической физики и родственными вопросами теории случайных процессов и полей. При этом он время от времени возвращается к своей прежней тематике, расширяя ее и обогащая новыми идеями. В каждой из перечисленных областей Р. Л. Добрушин получил выдающиеся результаты.

Его первые работы посвящены марковским процессам с непрерывным временем и дискретным множеством состояний. В них изучались решения системы уравнений Колмогорова в случае переходных матриц весьма общего вида, были найдены необходимые и достаточные условия конечности числа скачков на конечном интервале и конечности среднего числа скачков, построен первый пример процесса, все состояния которого являются мгновенными. Но наибольшую известность в то время получили результаты Р. Л. Добрушина, касавшиеся применимости центральной предельной теоремы к неоднородным цепям Маркова. Они составили его кандидатскую диссертацию и были опубликованы (1956 г.) в первом выпуске нового математического журнала «Теория вероятностей и ее применения», созданного А. Н. Колмогоровым.

Эта работа примечательна в нескольких отношениях. Она завершила большой цикл исследований, начатых еще самим А. А. Марковым в 1910 г. и продолженных С. Н. Бернштейном, Н. А. Сапоговым и Ю. В. Линником. В отличие от своих предшественников Р. Л. Добрушин рассмотрел цепи Маркова не с конечным, а с произвольным множеством состояний. С помощью введенной им чрезвычайно естественной характеристики переходной функции — коэффициента эргодичности он сумел получить в этом самом общем случае результаты, не уступающие по силе тому, что в течение нескольких десятилетий было для частных случаев достигнуто усилиями выдающихся математиков, также решить несколько новых задач, которые раньше даже не ставились. Интересно, что при этом он уже тогда использовал мартингалы — популярный сегодня метод доказательства предельных теорем. Наконец, в виде побочного результата он сформулировал новый критерий эргодичности для неоднородных цепей Маркова.

Несколько особняком стоит статья Р. Л. Добрушина о законе Пуассона для распределения частиц в пространстве (1956 г.), одна из первых работ по теории точечных случайных полей. В ней впервые было исследовано явление, которое на языке более поздних работ Р. Л. Добрушина можно было бы назвать сходимостью к равновесию в модели идеального газа. Много позже Р. Л. Добрушин продолжил эти исследования — они органично вписались в его занятия неравновесной статистической физикой.

С конца 50-х годов научные интересы Р. Л. Добрушина смещаются в сторону теории информации, где он вскоре становится одним из признанных в мире лидеров. Это было время большой популярности среди математиков сравнительно еще свежих тогда теоретико-информационных идей К. Шеннона, которым А. Н. Колмогоров и его ученики нашли новые неожиданные применения (к функциональным пространствам

и эргодической теории). Что касается Р. Л. Добрушина, то он сосредоточился на проблемах передачи сообщений по каналам связи, существенно обобщил и углубил имевшиеся здесь результаты и получил много новых. Одним из главных его достижений в этой области стала общая формулировка теоремы Шеннона, вошедшая в его докторскую диссертацию. Поставив себе целью найти естественные условия справедливости этой теоремы для источников и каналов с произвольным множеством состояний, Р. Л. Добрушин сформулировал их в терминах информационной устойчивости источника и канала. Свойство устойчивости, понимаемой по-разному в разных конкретных случаях, встречалось в теории информации и раньше, но только Р. Л. Добрушин придал этому понятию естественную общность и прозрачность. Попутно он получил ряд общих результатов, относящихся к основным понятиям теории информации и даже теории меры, которые впоследствии стали известны под именами «теорема Добрушина», «формулы Добрушина» и т.п. Он, в частности, нашел условия, при которых возможен предельный переход под знаком информации, и дал простое доказательство теоремы Вольфовитца о том, что пропускная способность канала с памятью всегда больше пропускной способности аналогичного канала без памяти.

Необходимо отметить, что стремление к максимальной общности абстрактных конструкций всегда сочеталось у Р. Л. Добрушина с интересом к конкретным задачам, имеющим прикладное значение. Так, одна из его первых работ была посвящена важной проблеме радиолокации — нахождению минимального уровня сигнала, при котором еще возможно его надежное выделение на фоне шума заданной интенсивности. Неудивительно и обращение Р. Л. Добрушина к поискам аналогов теоремы Шеннона для типичного с практической точки зрения случая, когда распределение источника и параметры канала не известны точно, а принадлежат заданным классам вероятностных распределений. Р. Л. Добрушин сформулировал требуемый вариант теоремы Шеннона и нашел условия, при которых эта обобщенная теорема верна.

Велик вклад Р. Л. Добрушина и в решение таких важных для приложений вопросов, как кодирование информации и статистическая оценка энтропии. В теории кодирования был известен результат Элайеса, нашедшего для двоичного симметричного канала, по которому информация передается с достаточно большой скоростью $R > R_{cr}$, функцию надежности $E(R)$ — показатель экспоненциального убывания при $n \rightarrow \infty$ вероятности ошибки $e(R, n)$, где n — длина кода. Обобщение этого результата на каналы с любым числом состояний считалось естественной, но трудной задачей. Р. Л. Добрушин решил ее в предположении, что все строки (или столбцы) переходной матрицы, задающей канал, получаются перестановками из одного и того же вероятностного вектора. Другой важный результат Р. Л. Добрушина, относящийся к любым симметричным, но не обязательно двоичным каналам без памяти, — доказательство существования при $R > R_{cr}$ групповых кодов, для которых вероятность ошибки асимптотически близка к $e(R, n)$. Большое практическое значение имеет предложенный Р. Л. Добрушиным метод вычисления пропускной способности канала со случайным выпадением символа. Он также нашел формулировку и доказательство теоремы Шеннона для каналов с ошибками синхронизации.

Здесь нет возможности остановиться на всех аспектах деятельности Р. Л. Добрушина, относящейся к теории информации. Отметим лишь несколько посвященных ей прекрасных обзоров, написанных им в разные годы. Заслуживают упоминания и его работы по математической лингвистике, которые сыграли большую роль в становлении этой науки в нашей стране.

С начала 60-х годов Р. Л. Добрушин стал интересоваться математическими вопросами статистической физики, сделавшейся до конца жизни основным направлением его научной деятельности. В первое время на семинаре, организованном им совместно с Р. А. Минлосом на механико-математическом факультете МГУ, велось изучение накопленного в этой области материала. Но уже в 1963 г. появилась пер-

вая работа Р. Л. Добрушина, в названии которой упоминаются физические задачи (наряду с предельными теоремами теории вероятностей), а в следующем году были опубликованы его лекции по вероятностным методам в статистической физике, прочитанные в зимней школе в Ужгороде.

В 1965 г. внимание специалистов привлекли две работы Р. Л. Добрушина, в которых было доказано наличие фазового перехода в двумерной и трехмерной ферромагнитных моделях Изинга. В этих работах Р. Л. Добрушин впервые на математическом уровне строго применил так называемый контурный метод Пайерлса, ставший впоследствии одним из важнейших инструментов исследования низкотемпературных явлений в моделях статистической физики. Наконец в 1968 г. появилось общее определение того объекта, который раньше называли предельным распределением Гиббса и который теперь, в формулировке Р. Л. Добрушина, определялся без всякого предельного перехода. Несмотря на то, что соответствующая статья была опубликована не в специальном вероятностном журнале, в ней с самого начала используется вероятностная терминология и «гиббсовское случайное поле» на решетке $\mathbb{Z}^d$ определяется требованием, чтобы для любого конечного множества $V \subset \mathbb{Z}^d$ («сосуда») условное распределение этого поля внутри V при условии, что фиксированы его значения вне V , задавалось с точностью до нормирующего множителя выражением вида $\exp[-H(x) - H(x|\bar{x})]$, где x и $\bar{x}$ — конфигурации поля внутри и вне V соответственно, $H(x)$ — энергия конфигурации x и $H(x|\bar{x})$ — энергия взаимодействия между x и $\bar{x}$ (обе энергии каноническим образом определяются потенциалом взаимодействия).

В рамках этого определения нашли свое естественное место и предельные распределения Гиббса, оказавшись как бы элементами базиса, порождающего все множество гиббсовских полей данным потенциалом, самое главное, выяснилось, что наличие нескольких фаз в системе с потенциалом U можно интерпретировать как неединственность гиббсовского поля с этим потенциалом; если же U зависит от некоторого параметра β , то значения β , при которых единственность сменяется неединственностью (и наоборот), служат точками фазового перехода (первого рода).

Определение Р. Л. Добрушина не всеми было сразу понято и принято, но вскоре оно получило полное признание, тем более, что несколько позже (и независимо) аналогичное определение предложили О. Лэнфорд и Д. Рюэль. С тех пор сформулированное выше условие, определяющее гиббсовское поле, называют условием (или уравнением) ДЛР. Это определение положено в основу большинства современных изложений математических методов равновесной статистической физики, а в теории вероятностей оно привело к появлению нового раздела — теории гиббсовских случайных полей.

Как и в своих работах по теории информации, Р. Л. Добрушин отдал много времени исследованию конкретных моделей равновесной статистической физики, получив ряд сильных результатов. Среди них часто применяемые теоремы об аналитичности корреляционных функций в одномерных моделях, исследование эффекта «ошершавливания», давшее новую информацию даже занимающимся этими вопросами физикам (редкая удача для математика), теоремы об эквивалентности ансамблей и многое другое.

В последние годы вместе с рядом своих учеников и сотрудников Р. Л. Добрушин провел глубокое исследование геометрии однофазной области («капли») в двумерной модели Изинга, впервые строго обосновав конструкцию, предложенную известным русским физиком Г. В. Вульфом еще в начале нашего века. Созданная при этом специальная техника больших уклонений уже нашла применение не только в статистической физике, но и в более традиционных задачах теории вероятностей.

Среди важных общих результатов Р. Л. Добрушина, связанных с общей теорией гиббсовских полей, отметим теорему существования случайного поля $\{X_t, t \in T\}$ на счетном множестве T с заданными условными распределениями каждой из слу-

чайных величин X_t , $t \in T$ при условии фиксации всех остальных компонент поля. На этой теореме основан наиболее общий из существующих методов, позволяющих устанавливать существование гиббсовского поля с некомпактным пространством состояний. Сама же она была доказана Р. Л. Добрушиным с помощью следующего изящного элементарного утверждения: если $\{\xi_i, i \in I\}$ — конечное множество неотрицательных случайных величин, удовлетворяющих при каждом $i \in I$ неравенству $E(\xi_i | \xi_j, j \in I \setminus \{i\}) \leq a + \sum_{j \in I \setminus \{i\}} b_{ij} \xi_j$, где $a, b_{ij} \geq 0$ и $\sum_{j \in I \setminus \{i\}} b_{ij} \leq b < 1$, то все ξ_i имеют конечное математическое ожидание, которое в таком случае легко оценивается: $E\xi_i \leq a(1-b)^{-1}$.

В самое последнее время Р. Л. Добрушин включился в дискуссию о месте гиббсовских полей во всем классе случайных полей на решетках. Написанные им на эту тему две большие работы еще ждут своего опубликования.

В течение многих лет в сфере интересов Р. Л. Добрушина находились и динамические задачи статистической физики. В середине 70-х годов он вместе с Й. Фритцем доказал теорему существования для бесконечной системы обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих эволюцию взаимодействующих частиц в пространстве. Исследования в этой области начал О. Лэнфорд, который для случая гладкого потенциала взаимодействия U явно описал множество D допустимых начальных условий. Затем Я. Г. Синай и ряд его последователей рассмотрели взаимодействия, более реалистические с физической точки зрения, но, вместо явного описания множества D , доказали лишь, что оно имеет полную меру по отношению к распределению Гиббса с потенциалом U (равновесному распределению). Р. Л. Добрушину и Й. Фритцу удалось в размерностях 1 и 2 совместить два только что описанных достижения. Это позволило им определить динамику на некотором множестве гиббсовских мер с потенциалами, отличными от U . Тем самым они построили «неравновесную динамику».

Наряду с детерминированной динамикой в пространстве взаимодействующих частиц Р. Л. Добрушин изучал стохастическую динамику. Он первым предложил рассматривать марковские процессы с непрерывным временем, пространством состояний которых служит множество конфигураций на бесконечной решетке, и назвал их марковскими процессами с взаимодействием. Инвариантными мерами такого процесса часто оказывается распределение Гиббса с подходящим потенциалом, вследствие чего эти процессы становятся эффективным средством решения задач равновесной статистической физики. После работ Р. Л. Добрушина эта тематика приобрела большую популярность, ей посвящаются монографии и научные конференции.

Еще одно направление исследований Р. Л. Добрушина — вывод гидродинамических уравнений из динамики частиц. В цикле работ, во многом также имевших пионерский характер Р. Л. Добрушин и его соавторы вывели уравнение Эйлера и изучили возможность вывода уравнений более высокого порядка для некоторых простейших моделей бесконечночастичной динамики, как детерминированной, так и случайной.

Идеи теории марковских процессов и статистической физики совместились в исследованиях, выполненных Р. Л. Добрушиным и группой его сотрудников в последние годы и относящихся к асимптотической теории сетей массового обслуживания. В этих работах, имеющих прикладную направленность, заложены основы нового направления, уже доказавшего свою содержательность.

Выдающиеся научные результаты Р. Л. Добрушина сделали его имя широко известным среди математиков (особенно вероятностников) и представителей смежных дисциплин. Выражением этого признания стало избрание его почетным членом Американской академии наук и искусств в Бостоне (1982 г.), иностранным членом Национальной академии наук США (1992 г.), членом недавно созданной Европейской академии (1995 г.). Он выступал с пленарными и секционными докладами на многочисленных научных встречах, в том числе на Всемирных математических конгрессах

и конгрессах по математической физике, состоял членом редколлегий ведущих научных журналов, близких ему по тематике («Теория вероятностей и ее применения», «Communications in Mathematical Physics», «Journal of Statistical Physics» и др.). Более четверти века он был заместителем главного редактора журнала «Проблемы передачи информации», отдавая этой работе много времени и энергии.

Всю свою жизнь Р. Л. Добрушин был окружен научной молодежью. Еще будучи сам молодым преподавателем, он прочитал на механико-математическом факультете МГУ все основные вероятностные курсы. Уже в конце 50-х годов он включал в обязательный курс теории вероятностей элементы теории информации, что в то время, да и значительно позже было весьма необычным. Его лекции, как и его научные доклады, отличались ясностью изложения. Как мало кто другой, он умел во всем выделять главное. Обладая замечательной вероятностной интуицией, он неизменно стремился обнажить вероятностную суть явления. После ухода из МГУ Р. Л. Добрушин, как уже говорилось, читал лекции главным образом физикам, а не математикам. Однако в течение ряда лет он руководил (вместе с В. А. Малышевым, Р. А. Минлосом и Я. Г. Синаем) научным семинаром по статической физике на механико-математическом факультете, и этот семинар стал незаменимой школой для большинства его участников. Несколько семинаров под руководством Р. Л. Добрушина работало и в ИППИ. Многие его непосредственные ученики защитили кандидатские и докторские диссертации.

Большой талант организатора помог Р. Л. Добрушину превратить руководимую им лабораторию в очень сильный научный коллектив, успешно работающий над широким спектром проблем, от лингвистических до физических.

Кроме всех перечисленных качеств, Р. Л. Добрушина отличал ярко выраженный общественный темперамент. Демократическая направленность его убеждений всегда оставалась неизменной, хотя их реальное содержание с годами могло меняться. Он не раз открыто высказывал свои взгляды, что порой приносило ему серьезные неприятности. Так, в середине 50-х годов молодой преподаватель Р. Л. Добрушин выступил на собрании комсомольского актива факультета в защиту нескольких студентов, обвиненных в выпуске стенной газеты («литературного бюллетеня»), содержащей отклонения от идеологического стандарта того времени, которые сейчас могут показаться микроскопическими. Однако Р. Л. Добрушин в результате этого выступления приобрел репутацию неблагонадежного, ему надолго была закрыта дорога как к получению профессорского звания, так и к заграничным поездкам. Хочется вспомнить и еще одно публичное выступление Р. Л. Добрушина, относящееся уже к недавнему времени. В марте 1990-го года он принял участие в общем собрании Академии наук СССР как представитель общественной организации — Союза ученых. В своей речи, опубликованной затем в «Вестнике АН СССР», он высказал глубоко продуманные мысли о способах руководства фундаментальной наукой и путях демократизации научной жизни.

Главным в жизни Р. Л. Добрушина несомненно была наука, но его интересовало и многое другое — от событий общественной жизни до спорта и дальних путешествий. Его оптимизм, научный и человеческий, вселял спокойствие и уверенность в близко знавших его людей. Для них он был фактором устойчивости окружающей жизни, и его уход — огромная потеря.

Мы убеждены, что сделанное Р. Л. Добрушиным останется в науке, а его неповторимый образ навсегда сохранится в памяти тех, кто его знал и любил.

*Гуревич Б. М., Ибрагимов И. А., Минлос Р. А.,
Овсеевич И. А., Оселедец В. И., Пинскер М. С.,
Прелов В. В., Прозоров Ю. В., Синай Я. Г.,
Холеев А. С., Ширяев А. Н.*