

## Борис Абрамович Розенфельд

(к 90-летию со дня рождения)

М. П. Замаховский

Борис Абрамович Розенфельд родился 30 августа 1917 г. в Петрограде. В октябре того же года его семья переехала в Москву. В 1935–1940 гг. он был студентом Московского энергетического института, где окончил четыре с половиной курса. В 1936 г. одновременно с МЭИ начал посещать механико-математический факультет Московского университета. В 1939 г. окончил экстерном мехмат и был принят в аспирантуру на кафедре дифференциальной геометрии МГУ.

В первой научной работе «Математическая теория круговой диаграммы асинхронного двигателя», опубликованной в журнале «Электричество» в 1940 г., Б. А. Розенфельд доказал, что шкала этой диаграммы является проективной.

В первых математических работах Б. А. Розенфельда, написанных под руководством профессора А. П. Нордена, было доказано, что роль геодезических линий в многообразии прямых 3-мерного эллиптического пространства играют линейчатые геликоиды, а в многообразии  $m$ -мерных плоскостей  $n$ -мерного эллиптического пространства — многомерные обобщения геликоидов. Эти работы были опубликованы в «Известиях АН СССР» в 1941 г. За них и за аналогичную работу о многообразии сфер Борис Абрамович получил вторую премию на конкурсе студенческих работ мехмата в 1939 г.

В аспирантуре Б. А. Розенфельд занимался под руководством профессора П. К. Рашевского и интенсивно изучал теорию групп Ли, многомерную дифференциальную геометрию и геометрию симметрических пространств. Третий год аспирантуры он провел в Ташкенте и Ашхабаде, куда был эвакуирован МГУ. В Ашхабаде он начал изучать арабский и персидский языки.

В июле 1942 г. Б. А. Розенфельд защитил кандидатскую диссертацию «Геометрия многообразий сфер». Имея в первые годы войны «белый билет» по зрению, он в 1942–1943 учебном году работал и. о. доцента в Харьковском гидрометеорологическом институте в Ашхабаде. Вернувшись в Москву весной 1943 г., работал ассистентом кафедры математики

Московского высшего технического училища до января 1947 г., с полуторогодичным перерывом для службы в армии, где преподавал солдатам-радистам электротехнику и радиотехнику.

В мае 1945 г. на торжественном заседании в МГУ, посвященном 225-й годовщине основания Российской академии наук, профессор С. П. Фиников познакомил Б. А. Розенфельда с Эли Картаном, который приехал на это празднование с группой французских ученых. На следующий день Борис Абрамович рассказал Э. Картану о своих работах. Беседа с сержантом Советской армии, Э. Картан вспоминал, как он, будучи сержантом французской армии, беседовал о своих работах с приехавшим в Париж Софусом Ли.

В декабре 1947 г. Б. А. Розенфельд защитил в МГУ докторскую диссертацию «Теория семейств подпространств», в которой изучались семейства плоскостей проективных и неевклидовых пространств и сфер конформных пространств. Группы преобразований всех этих пространств являются простыми группами Ли бесконечных серий  $A_n$ ,  $B_n$ ,  $C_n$ ,  $D_n$ , известных еще самому Софусу Ли.

Группа проективных преобразований  $n$ -мерного вещественного проективного пространства является одной из некомпактных групп класса  $A_n$ , группы движений  $2n$ -мерных и  $(2n - 1)$ -мерных вещественных неевклидовых пространств — группы классов  $B_n$  и  $D_n$  соответственно, компактные в случае эллиптических пространств, группы конформных преобразований  $2n$ -мерных и  $(2n - 1)$ -мерных вещественных конформных пространств — некомпактные группы классов  $D_{n+1}$  и  $B_n$ . Некомпактной группой класса  $C_n$  является «группа линейного комплекса» или «группа симплектических преобразований»  $(2n - 1)$ -мерного вещественного проективного пространства. В начале XX века Г. Г. Фубини и Э. Штуди определили  $n$ -мерное комплексное эрмитово эллиптическое пространство, группой движений которого является компактная группа класса  $A_n$ .

В своей диссертации Б. А. Розенфельд определил «образы симметрии», к которым относятся точки, прямые и плоскости неевклидовых пространств, пары точек, окружности и сферы конформных пространств, а также « $m$ -пары» ( $m$ -мерная +  $(n - m - 1)$ -мерная плоскости)  $n$ -мерного проективного пространства. В диссертации он доказал также, что многообразие 0-пар (точка + гиперплоскость)  $n$ -мерного вещественного проективного пространства является моделью  $n$ -мерного двойного эрмитова эллиптического пространства, т. е. аналога пространства Фубини — Штуди, в котором комплексные координаты точек заменены двойными числами  $a + be$ , где  $e^2 = 1$ , если за расстояние между двумя 0-парами принять число, косинус которого равен двойному отношению точек и гиперплоскостей этих 0-пар.

Э. Картан, развивая идеи Фубини и Штуди, определил  $n$ -мерное кватернионное эрмитово эллиптическое пространство и доказал, что группа движений этого пространства является компактной простой группой Ли класса  $C_{n+1}$ . В 1949 г. был опубликован сборник переведенных Б. А. Розенфельдом статей Э. Картана «Геометрия групп Ли и симметрические пространства», к которому он добавил статью «Симметрические пространства и их геометрические приложения». В этой статье было доказано, что многообразие прямых линий  $(2n + 1)$ -мерного вещественного симплектического проективного пространства является моделью  $n$ -мерного антикватернионного эрмитова эллиптического пространства, получаемого из пространства, определенного Картаном, заменой кватернионных координат точек антикватернионами  $a + bi + ce + df$ , где  $i^2 = -1$ ,  $e^2 = 1$ ,  $ie = -ei = f$ , если за расстояние между двумя прямыми принять число, косинус которого равен двойному отношению этих прямых и их  $(2n - 1)$ -мерных симплектических поляр.

В 1947–1950 гг. Б. А. Розенфельд работал в военном научно-исследовательском учреждении. В 1950–1955 гг. он был профессором кафедры геометрии Азербайджанского университета в г. Баку.

В 1951 г. Г. Фрейденталь опубликовал статью «Октавы, особые группы и октавная геометрия». Октавами в этой статье назывались октонионы или «числа Кэли» — обобщения кватернионов, образующие 8-мерную алгебру, являющуюся неассоциативным телом, в котором всякие два элемента порождают ассоциативное подтело. «Особые группы» — это особые простые группы Ли классов  $G_2$ ,  $F_4$ ,  $E_6$ ,  $E_7$ ,  $E_8$ , открытые В. Киллингом и детально изучавшиеся Э. Картаном, который установил, что компактная группа класса  $G_2$  изоморфна группе автоморфизмов тела октонионов. Фрейденталь установил, что компактная группа класса  $F_4$  изоморфна группе движений октонионной эрмитовой эллиптической плоскости, а группа проективных преобразований этой плоскости является одной из некомпактных групп класса  $E_6$ .

Применяя тот же прием, что и в докторской диссертации, Б. А. Розенфельд доказал, что группа проективных преобразований октонионной проективной плоскости изоморфна группе движений эрмитовой эллиптической плоскости над алгеброй двойных октонионов, откуда следует, что компактная группа класса  $E_6$  изоморфна группе движений эрмитовой эллиптической плоскости над алгеброй комплексных октонионов. Этот результат был опубликован в 1954 г. в «Докладах АН Азерб. ССР».

В январе 1955 г. Б. А. Розенфельд вернулся в Москву и в 1955–1964 гг. работал профессором и заведующим кафедрой математики педагогических институтов Загорска и Коломны в Московской области. В 1956 г. в «Докладах АН СССР» он высказал предположение, обобщающее его результат 1954 г. на компактные группы классов  $E_7$  и  $E_8$ . Это

предположение было основано на указании Э. Картана, что компактные группы классов  $E_6$ ,  $E_7$  и  $E_8$  являются группами движений симметрических римановых пространств размерностей 32, 64 и 128. Предположение Б. А. Розенфельда состояло в том, что эти симметрические пространства представляют собой эрмитовы эллиптические плоскости над тензорными произведениями тела октонионов на поле комплексных чисел и на тела кватернионов и октонионов соответственно. Впоследствии это было доказано Э. Б. Винбергом<sup>1)</sup>, и аналогичные геометрические интерпретации для всех некомпактных групп классов  $E_6$ ,  $E_7$  и  $E_8$  были найдены Г. Фрейденталем и Б. А. Розенфельдом.

На основе лекций по геометрии, которые Б. А. Розенфельд читал в Коломенском пединституте, им были написаны две монографии: «Многомерные пространства» и «Неевклидовы пространства». В первой из этих книг была изложена аналитическая, «элементарная» и дифференциальная геометрия вещественных многомерных пространств: аффинного, евклидова, проективного, конформного и псевдоевклидовых, во второй книге — геометрия эллиптического, гиперболического, псевдоэллиптических и псевдогиперболических пространств, а также пространств, группы движений которых могут быть получены предельными переходами из групп движений этих пространств. Эти книги были опубликованы в Москве в 1966 и 1969 гг.

Наряду с геометрией, Б. А. Розенфельд профессионально занимался историей науки.

В Баку Б. А. Розенфельду предложили прочесть курс лекций по истории математики. Готовясь к этим лекциям, он узнал, что в XIII веке центром мировой науки была астрономическая обсерватория в городе Мараге в Южном Азербайджане, основанная Насирэддином ат-Туси. В Баку творчество этого ученого изучали несколько математиков и астрономов, и 17 февраля 1951 г. состоялось торжественное празднование 750-летия со дня рождения ат-Туси. Б. А. Розенфельда привлекли к изучению творчества этого ученого, и он участвовал в переводе его математических трудов на русский язык и сделал несколько докладов в Баку и в Москве. Один из этих докладов был опубликован в 1951 г. в Москве в «Историко-математических исследованиях» (ИМИ). При подготовке этой статьи Б. А. Розенфельд обнаружил, что вопросом о постулате параллельности, который изучал ат-Туси, занимался и Омар Хайям. Этот трактат Хайяма и другие его трактаты на арабском и персидском языках он нашел в Баку и подготовил русские переводы этих трактатов с

<sup>1)</sup>Предложенное Э. Б. Винбергом в 1964 г. единообразное описание особых простых групп Ли явилось косвенным подтверждением гипотезы Б. А. Розенфельда. Окончательное подтверждение эта гипотеза получила в работе Э. Б. Винберга в 2004 г. — Прим. ред.

подробными комментариями. Эти переводы были опубликованы в 1953 г. в ИМИ, а в 1962 г. отдельной книгой в Москве.

В 1954 г. в ИМИ были изданы сделанные Б. А. Розенфельдом переводы с комментариями математических трактатов Джемшида ал-Каши, директора знаменитой Самаркандской обсерватории Улугбека. В 1956 г. они вышли в Москве отдельной книгой. В дальнейшем Б. А. Розенфельд перевел с арабского языка на русский многие математические и астрономические труды ал-Хорезми, ал-Фергани, Сабита ибн Корры, Ибн ал-Хайсама, ал-Бируни, Хайяма, ат-Туси и Улугбека. Некоторые из этих переводов были изданы отдельными книгами в Москве и в Ташкенте.

В 1964–1990 гг. Б. А. Розенфельд работал старшим и ведущим научным сотрудником Института истории естествознания и техники АН СССР. В ИИЕТ он принимал участие в подготовке коллективных трудов по истории математики, написал с соавторами научные биографии тех ученых, труды которых Б. А. Розенфельд переводил с арабского, а также научную биографию русского математика А. П. Котельникова (1865–1944), лекции которого он слушал в МЭИ и вместе с которым работал в МВТУ.

В 1976 г. была опубликована книга Б. А. Розенфельда «История неевклидовой геометрии», расширенный английский перевод которой был издан в 1988 г.

В 1983 г. была опубликована книга Б. А. Розенфельда и Г. П. Матвиевской «Математики и астрономы мусульманского средневековья и их труды (VIII–XVII вв.)», содержащая сведения о трудах тысячи математиков и астрономов стран ислама, их рукописях, изданиях, переводах и открытиях.

В 1971 г. Б. А. Розенфельд был избран членом-корреспондентом Международной академии истории науки, а в 1978 г. — действительным членом этой академии.

В 1990 г. Б. А. Розенфельд с женой переехали в США, где жили обе их дочери со своими семьями. В 1990–1995 гг. он работал профессором университета штата Пенсильвания, профессорами которого являются его дочь Светлана и ее муж Анатолий Каток. В этом университете он читал лекции по геометрии групп Ли и по истории математики.

В 1993 г. Американским математическим обществом была опубликована книга Б. А. Розенфельда и М. А. Аквиса «Эли Картан (1869–1951)» — научная биография ученого, содержащая анализ его открытий в теории групп Ли, теории алгебр, теории бесконечномерных аналогов групп Ли и ее приложений к дифференциальной геометрии, а также геометрии «обобщенных пространств» и, в частности, симметрических римановых пространств и пространств аффинной связности. Сын Э. Картана,

профессор Анри Картан написал Б. А. Розенфельду об этой книге «Это — лучший памятник моему отцу».

В 2003 г. в Стамбуле Б. А. Розенфельд опубликовал совместно с профессором Э. Ихсаноглу книгу «Математики, астрономы и другие ученые исламской цивилизации и их труды (VII–XIX вв.)» на английском языке, содержащую сведения о полутора тысячах ученых стран ислама. В 2004 г. в Барселоне в журнале «Сухайль» Б. А. Розенфельд опубликовал дополнение к его книге с Ихсаноглу.

В 2003 г. в Москве была издана книга Б. А. Розенфельда «Аполлоний Пергский» — научная биография величайшего ученого древнего мира, содержащая анализ всех открытий Аполлония в аффинной, проективной, конформной и дифференциальной геометрии, многие из которых были открыты в Западной Европе только в XVII–XIX вв.

В 1997 г. в Дордрехте (Нидерланды) была опубликована (на английском языке) книга Б. А. Розенфельда «Геометрия групп Ли». Эта книга получила в том же году почетный отзыв Казанского университета на конкурсе на премию имени Лобачевского. В 2003 г. в Москве была издана книга Б. А. Розенфельда и М. П. Замаховского «Геометрия групп Ли. Симметрические, параболические и периодические пространства», содержащая русский перевод английской книги Бориса Абрамовича и две новые главы.

В 2005 г. в Москве в журнале «Философские исследования» была опубликована статья Б. А. Розенфельда «Об устойчивости материальных структур», плод его многолетних размышлений.

В общей сложности Б. А. Розенфельдом опубликовано 450 научных книг и статей. Под его научным руководством были защищены 82 кандидатские диссертации. Восемь его учеников стали докторами наук и профессорами.