

53(048)

РАЗВИТИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАУКИ В ДАГЕСТАНЕ

Х. И. Амирханов

Сейчас Дагестан представляет собой цветущую автономную советскую социалистическую республику с высокоразвитой культурой и промышленностью, входящую в состав Российской Федерации. Население Дагестана превышает 1700 тысяч человек, территория республики площадью 53 тыс. кв. км — от ледников и высокогорных альпийских лугов нагорной части Дагестана до песчаных пустынь Прикаспийской низменности, с акваторией

побережья до 500 км — отличается разнообразием и содержит все биоклиматические зоны.

Дагестан многонационален, герб Дагестанской Автономной Советской Социалистической Республики обрамляется одиннадцатью знаменами, представляющими собой число основных его национальностей, на языках которых издаются газеты, журналы и осуществляются радиопередачи, а всего число коренных национальностей Дагестана достигает 33. В Дагестане более 20 научно-исследовательских учреждений и высших учебных заведений. В них работают более 1500 кандидатов и докторов наук. В прошлом, до Великой Октябрьской Социалистической революции ничего этого не было.

В Дагестане, как и в большинстве районов Северного Кавказа, существовала теократическая система правления, при которой даже проблески светской власти подавлялись духовенством. И только, благодаря вниманию и заботе великой партии Ленина и Советского Правительства, Дагестан встал на современный путь развития и прогресса и за исторически короткий срок, в 60 лет, добился того, что он сейчас имеет.

Перейду теперь к теме моего доклада о развитии физических исследований в Дагестанской АССР.

В 1950 г. академик Абрам Федорович Иоффе проводил 7-ю Всесоюзную конференцию по физике полупроводников в Киеве. Тогда уже был предпринят вопрос о моем переходе на работу из Академии наук Азерб. ССР в Дагестанский филиал АН СССР.

В своем обзорном докладе о состоянии и перспективах научных исследований по физике полупроводников в СССР Абрам Федорович впервые упомянул наименование города Махачкалы и добрым словом отозвался о тех работах по тепловым свойствам полупроводников, которые намечались к исполнению в Дагестанском филиале АН СССР¹. Начало этих работ было заложено еще раньше в Институте физики Академии наук Азерб. ССР², и результаты по ним докладывались на предыдущих 5-й и 6-й конференциях по полупроводникам^{3,4}. На проходившей в Киеве конференции были рассмотрены новые результаты, полученные в последнее время и была намечена программа продолжения этих исследований (см. стенографич. отчет)⁵⁻⁷.

Аппаратура, специально разработанная для изучения тепловых свойств полупроводников, была одобрена (полупроводниковый тепломер и адиабатный калориметр), но возможность практического применения явления тепловой асимметрии электропроводности для выпрямления переменного тока была воспринята критически, и только теперь, по прошествии более 25 лет, вопрос этот получил положительное решение (об этом я скажу ниже).

В соответствии с программой работы первая кандидатская диссертация была защищена по физике полупроводников соискателем из Дагестана А. А. Бабаевым⁸, и первая опубликованная работа по теме диссертации относилась к физике полупроводников в магнитном поле. Результатом этих исследований явилось впервые обнаруженное значительное изменение теплопроводности полупроводников в магнитном поле⁹. Интерес к теплопроводности полупроводников в магнитном поле сохраняется и в настоящее время, так как в целом ряде полупроводниковых соединений (узкозонных и бесщелевых) термо-э.д.с. с понижением температуры растет, и если теплопроводность в магнитном поле будет уменьшаться, то возрастет так называемая добротность полупроводникового термоэлемента.

Последующие исследования физиков Дагестанского филиала АН СССР влияния магнитного поля на теплопроводность полупроводников показали, что по данным электронной теплопроводности в магнитном поле, измерен-

ной в комплексе с термо-э.д.с. и гальваномагнитными эффектами, можно судить о зонной структуре твердых тел, о механизмах рассеяния носителей заряда, о значениях эффективной массы и влиянии эффектов фононного увлечения¹⁰.

С целью выяснения сложного механизма теплопроводности полупроводников, наряду с изучением влияния магнитного поля, в Институте физики Дагестанского филиала АН СССР исследовалась теплопроводность сложных полупроводниковых соединений при различных фазовых переходах в зависимости от давления, температуры, радиационного излучения и других физических факторов.

По результатам этих исследований впервые было выяснено влияние структурного разупорядочения на различные механизмы теплопроводности в полупроводниках¹¹. Впервые исследован механизм тепло- и электропроводности большой группы халькогенидных стеклообразных полупроводников в области размягчения стекол и в жидком состоянии¹¹.

Впервые по данным температурных зависимостей биполярной доли теплопроводности и электропроводности удалось наблюдать процесс металлизации расплавов некоторых халькогенидных полупроводников¹².

Исследование механизмов переноса тепла и заряда в широком интервале температур показало, что полупроводниковые свойства сохраняются и после плавления в жидком состоянии у большой группы сложных бинарных и тройных полупроводниковых соединений^{12,13}.

Большое теоретическое и практическое значение имело начатое впервые в Институте физики изучение зависимости теплопроводности полупроводников от всестороннего давления.

Для решения многих вопросов геофизики и геологии, в частности для оценки величины теплового потока, идущего из глубин земли, важное значение имеет исследование теплопроводности горных пород и минералов, составляющих земную кору, с учетом условий колоссальных давлений и высоких температур в ее недрах. Полупроводники встречаются в земной коре гораздо чаще и в большей степени разнообразны, чем удается их получить искусственным путем в лабораториях. Исходя из этого, нами было впервые исследовано влияние всестороннего давления на теплопроводность ряда полупроводников при различных температурах^{14,15}. По результатам этих исследований было установлено, что существенному изменению в условиях всестороннего сжатия подвергается фононная доля теплопроводности, на величине и температурной зависимости которой сильно сказывается барическая зависимость упругих постоянных решетки полупроводника. Особый интерес представляет исследование влияния объемного сжатия и упругой анизотропии на температурную зависимость фононной теплопроводности и механизм рассеяния фононов при высоких температурах.

Комплексное исследование всестороннего давления на различные механизмы переноса тепла и заряда и на ряд гальвано- и термомагнитных явлений позволило уточнить зонную структуру некоторых тройных полупроводниковых соединений, выяснить вклад дополнительных подзон в зоне проводимости и в валентной зоне на явления переноса¹⁵.

В дальнейшем в Дагестанском филиале АН СССР были начаты исследования термомагнитного эффекта Нернста — Эттингсгаузена в полупроводниках. Эти исследования положили начало широкому использованию термомагнитных эффектов в лабораториях, как важного метода получения информации о механизмах рассеяния носителей заряда¹⁶. Результаты исследований были опубликованы в многочисленных статьях, обобщены в

диссертациях сотрудников филиала и в монографии И. М. Цидильковского «Термомагнитные явления в полупроводниках».

Дальнейшее оснащение Дагестанского филиала АН СССР прецизионной физической аппаратурой, организация аспирантуры по физике в самом филиале и укрепление коллектива сотрудников-физиков филиала дали возможность поставить вопрос об организации Института физики при Дагестанском филиале АН СССР. Академик-секретарь Отделения Л. А. Арцимович отнесся весьма сочувственно к этому, и в 1957 г. по представлению Отделения общей физики и астрономии был организован Институт физики Дагестанского филиала АН СССР.

Лев Андреевич, продолжая опекать Институт физики и в «смутный период» конца 50-х и начала 60-х годов, когда научные учреждения или закрывались, или перекидывались из одного ведомства в другое, направил в Дагестанский филиал Комиссию во главе с В. С. Вавиловым, а потом и сам приехал в Дагестан и помог сохранить не только Институт физики в системе Академии наук, но и Дагестанский филиал АН СССР в системе АН СССР.

В последующие годы Отделение общей физики и астрономии, руководимое академиком А. М. Прохоровым, продолжало поддерживать развитие физики в Дагестане. Для ознакомления и оказания помощи Институту физики Дагестанского филиала были командированы академик Н. А. Девятков, академик Б. М. Вул, член-корреспондент К. А. Валиев, что имело большое значение для развития науки. Я хочу особо отметить помощь Б. М. Вула, который принял участие в работе и самого Дагестанского филиала, согласившись войти в состав его Президиума.

Ко времени организации Института физики систематически пополнялся и состав сотрудников-физиков в Филиале. А. Ф. Иоффе направил в филиал известного ученого-физика В. П. Жузе, приехали молодые ученые-физики Э. В. Матизен, Р. И. Баширов, И. М. Цидильковский и др. Состав сотрудников усилился выпуском специалистов из Даггосуниверситета — молодых ученых-физиков Б. Г. Алибекова, А. П. Адамова, Л. К. Анохиной, А. С. Батырмурзаева, Д. И. Вихрова, Я. В. Магомедова, А. Ю. Моллаева, Н. Г. Полихрониди, Г. В. Степанова и др.

Большое значение для дальнейшего развития исследований по физике полупроводников имело освоение криогенной техники. В конце 50-х годов при содействии сотрудников кафедры низких температур МГУ в Дагестанском филиале АН СССР были запущены установки по ожижению водорода, а затем и гелия.

В эти же годы впервые в нашей стране сотрудниками Института физики были начаты исследования кинетических явлений в полупроводниках в сверхсильных импульсных магнитных полях при гелиевых температурах. Эти пионерские работы в 1962 г.¹⁷ привели к обнаружению спинового расщепления квантовых осцилляций в транспортных явлениях (рис. 1). Наблюдение спинового расщепления дало еще одну возможность измерять эффективную массу носителей заряда и фактор спектроскопического расщепления, эти важнейшие характеристики зонной структуры полупроводников и получать информацию о спин-решеточном взаимодействии. Эти работы, начатые в Махачкале, были затем поддержаны в Ленинграде, и в развитие этого направления большой вклад внесли сотрудники ИПАН СССР. В последующие годы этот эффект стал широко использоваться в отечественных и зарубежных лабораториях.

В период 1960—1970 гг. в Институте физики в магнитных полях напряженностью до 300—350 кЭ в полупроводниках групп A_3B_5 были исследованы магнитофононный резонанс, магнетосопротивление в квантовом пределе, отрицательное продольное магнетосопротивление, обусловленное

рассеянием на экранированном кулоновском потенциале, магнитное вымораживание. Результаты исследований публиковались в виде многочисленных статей в центральных и международных изданиях, докладывались практически на всех Всесоюзных конференциях по физике низких температур 60-х годов, на совещаниях по сильным магнитным полям и т. д. ¹⁷.

В первой части своего доклада я говорил, что на 7-й Всесоюзной конференции полупроводников возможность применения теплового выпрямления для практических целей вызвала большое сомнение, но, начиная с 1975 г., благодаря работам, проводившимся в Институте физики филиала, удалось показать, что в определенных условиях тепловое выпрямление может достигать величины, представляющей практический интерес.

В Институте физики в 1975 г. ¹⁸ была обнаружена нелинейность тока в температурно-неоднородной электронно-дырочной плазме германия. В последующие годы сотрудниками института были разработаны новые способы и устройства для выпрямления переменного тока, без использования электронно-дырочного перехода. Часть изобретений в настоящее время патентуется за рубежом. В будущем этот принципиально новый способ выпрямления переменного тока может найти применение в линиях электропередач постоянного тока.

Исследования процессов пробоя в кремниевых электронно-дырочных переходах позволили сотрудникам Института физики, совместно с производителями, разработать кремниевые умножители напряжения и высоковольтные выпрямительные столбы и заменить ими недостаточно надежные изделия из селена.

Широкие исследования по физике полупроводников и физике твердого тела ведутся в Дагестанском ордена Дружбы народов Государственном университете им. В. И. Ленина. Под руководством проф. А. З. Эфендиева (1968 г.) проводятся исследования электрического пробоя в различных полупроводниках, диэлектриках, газах при наличии ионизирующих излучений (ультрафиолетовые лучи, гамма-нейтронные потоки) и сильных магнитных полях до 400 кЭ.

На кафедре физики твердого тела под руководством проф. И. К. Камилова (1975 г.) ведутся работы по изучению магнитных свойств твердых тел, физических свойств сплавов металлов и пленок полупроводниковых соединений. Исследованием дислокационной структуры и ее влияния на кинетические свойства в полупроводниках занимаются на кафедре физики Дагестанского педагогического института под руководством профессора Г. Б. Багдужева.

Аппаратура, сконструированная для изучения теплофизических свойств полупроводников, была одобрена 7-й конференцией по полупроводникам, но еще большее практическое применение она получила в теплоэнергети-

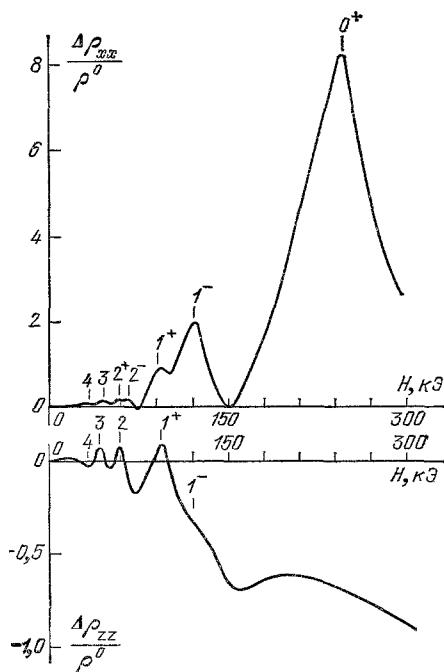


Рис. 1. Спиновое расщепление в квантовых осцилляциях теллурида ртути.
 $T = 4,2 \text{ К}$, $n = \text{HgTe}$, $n = 3,5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$.

ке — для изучения теплофизических свойств технически важных жидкостей, паров и газов. В то время академик М. В. Кирпичев заинтересовался этой аппаратурой и поставил мой доклад на семинаре у члена-корреспондента АН СССР А. М. Михеева; академик М. А. Стирикович присутствовал на этом семинаре. Впервые на этой аппаратуре была изучена теплопроводность воды при высоких параметрах с охватом области критического состояния. Данные этого исследования были рассмотрены на многих международных конгрессах и конференциях и вошли в Международный «скелет» по теплопроводности¹⁹.

На рис. 2 приводятся 7 изобар по теплопроводности, перекрывающих все известные в литературе измерения теплопроводности воды при сверхвысоких параметрах состояния. Изучив теплопроводность двуокиси углерода в критическом состоянии при различных значениях зазора (рис. 3),

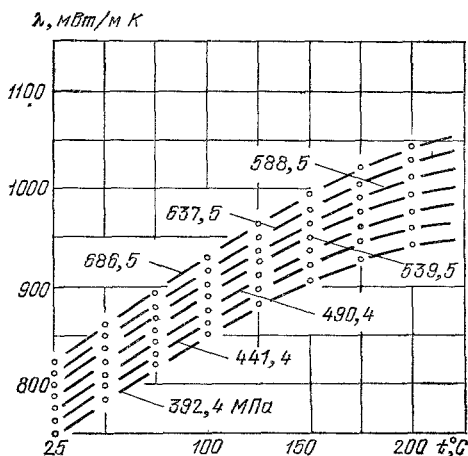


Рис. 2. Теплопроводность воды.

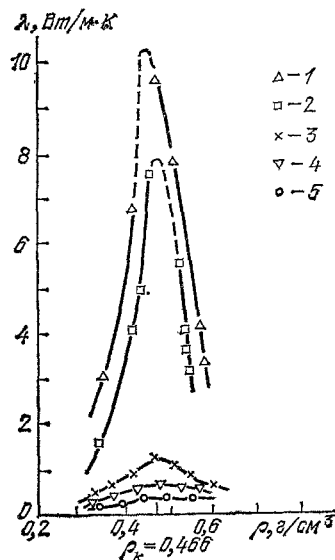


Рис. 3. Зависимость теплопроводности CO_2 от плотности.

l (мм) = 12 (1), 5 (2), 1,5 (3), 0,51 (4) и 0,32 (5).

установлено, что максимум теплопроводности с уменьшением толщины зазора уменьшается. Но особенно большое внимание энергетиков привлекли исследования по определению изохорной теплоемкости воды и других технически важных жидкостей. Эти исследования впервые удалось поставить в Дагестанском филиале АН СССР²⁰.

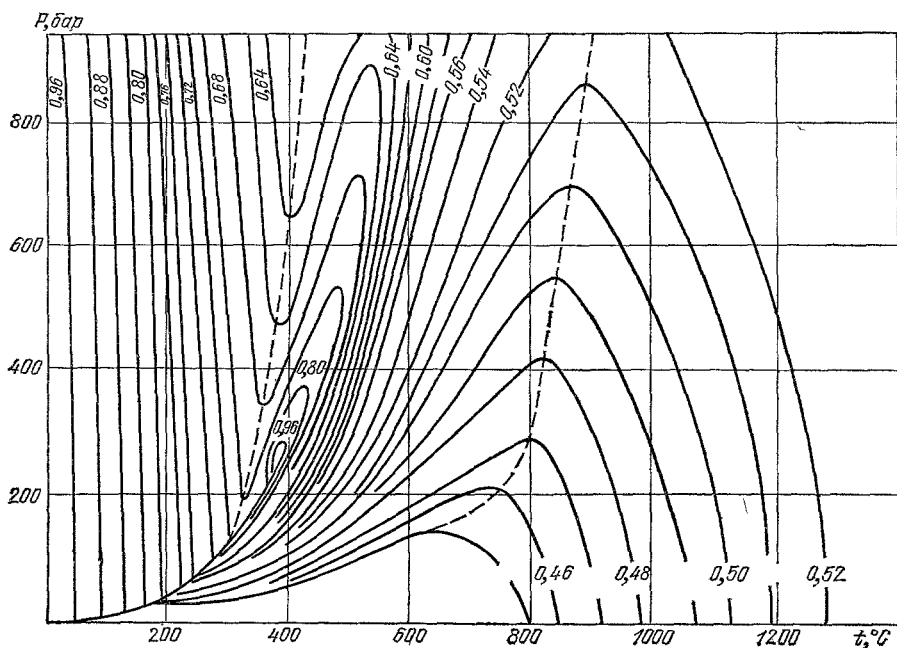
Исследования изохорной теплоемкости воды и водяного пара были проведены до 800 °C и 1000 атм. Результатом их явилась монография «Изохорная теплоемкость воды и водяного пара», переизданная в США Национальным бюро стандартов²¹.

Широкие исследования нормальных алканов обобщены в монографии «Изохорная теплоемкость и другие калорические свойства углеводородов метанового ряда»²².

Получены обширные экспериментальные данные изохорной теплоемкости тяжелой воды, уголекислоты, алифатических спиртов, четырехоксида азота, водных растворов солей и щелочей. Большой интерес представляют результаты исследования в критической и сверхкритической областях.

На рис. 4 показана диаграмма линий постоянной изохорной теплоемкости воды и водяного пара. Штриховой линией выделена область критического состояния вещества (так называемая инкогерентная фаза), представляющая собой состояние, промежуточное между жидкостью и газом и, охватывающая значительную часть диаграммы состояния. Ранее другими методами этого не удавалось получить. Измерения изобарной теплоемкости давали расплывчатую картину, так как мешало наличие в ней работы расширения.

Исследования проводятся по заданию Государственного Комитета стандартов СССР и Президиума Академии наук СССР и включены в



(1956—1957 гг.), проводить работу по тепловой разведке полезных ископаемых, участвовать в работах по геотермальной энергетике и прогнозированию землетрясений и т. д.

Но наиболее трудоемкой и давшей значительные научные и практические результаты явилась работа по разработке в Дагестанском филиале АН СССР масс-спектрометрического экспресс-метода определения абсолютного возраста минералов и горных пород по радиоактивному превращению калия-40 в аргон-40. Начало этой работы было положено академиком Д. И. Щербаковым, который обратился в филиал от имени Президиума АН СССР с предложением приступить к разработке масс-спектрометрического метода определения радиогенного аргона в известном калий-аргоновом методе определения абсолютного возраста, предложенного в свое время академиком В. Г. Хлопиным и профессором Э. К. Герлингом. Этот метод заключался в определении возраста горных пород по так называемому объемному способу, в котором химическим путем определялось содержание в породе калия (материнский продукт) и аргона (дочерний продукт). Основным недостатком метода, помимо длительности производства измерений, было то, что определялся в породе суммарный аргон, который мог быть и не радиогенным. Д. И. Щербаков направил в филиал канд. техн. наук И. Г. Гурвича, а впоследствии был приглашен и канд. техн. наук С. Б. Брандт, которые с физиками Дагестанского филиала АН СССР впервые разработали масс-спектрометрический метод, отличающийся своей экспрессностью, в котором определение возраста производилось по радиогенному аргону-40²³. В предисловии к монографии «Определение абсолютного возраста минералов и горных пород»²³ Д. И. Щербаков писал: «Не сразу, конечно, был освоен масс-спектрометрический анализ и были выявлены критерии сохранности аргона в минералах и породах. Первые удачные шаги в этом направлении уже сделаны. Получено большое количество цифр, достоверность которых проверена, с одной стороны, параллельными контрольными анализами других радиоактивных минералов, с другой — сверкой с данными о стратиграфическом положении исследованных образцов.

Честь этого крупного достижения принадлежит физикам Дагестанского филиала АН СССР, которые в результате упорной организационной работы и труда разработали основы метода, аппаратуру и организовали у себя в филиале прекрасную возрастную лабораторию».

Наибольшим достижением физиков Дагестанского филиала АН СССР в этой работе явилось то, что для определения радиогенного аргона в минералах они впервые применили масс-спектрометрический метод изотопного разбавления, где в качестве эталона использован аргон естественного изотопного состава. Основная идея авторов заключалась в том, что, поскольку объектом измерения является моноизотоп аргона-40, т. е. вещество, отличающееся по своему изотопному составу от естественного, эталон для изотопного разбавления может иметь естественный изотопный состав. Тем самым впервые в мировой практике был создан экспресс-метод определения абсолютного возраста минералов по радиоактивному превращению ^{40}K в ^{40}Ar , который имеет повсеместное применение в СССР и за рубежом²³⁻²⁵.

Была создана и оригинальная аппаратура — реактор для выделения и очистки радиогенного аргона из пород и минералов^{23,26}.

Разработанный в Дагестанском филиале АН СССР масс-спектрометрический метод выгодно отличался от ранее разработанного объемного метода своей надежностью, высокой чувствительностью, точностью, экспрессностью и поэтому позволил определить впервые абсолютный возраст целых геологических регионов, таких, как Индия, Судан, Китай, Монголия, Северный Кавказ, Казахстан и др. Но впоследствии, по мере накоп-

ления калий-аргоновых цифр возраста, стало обнаруживаться во многих минералах и горных породах расхождение радиологических данных со стратиграфическими определениями. Такие минералы, как сильвиниты, полевые шпаты, показывали явно заниженные возрасты. Исследователи предполагали здесь две возможные причины «омоложения» указанных минералов: потери радиогенного аргона из структуры минерала за геологическое время или привнос калия при сохранении аргона. В целях сохранения разработанного масс-спектрометрического метода требовались дальнейшие физические исследования этих минералов на сохранность аргона и калия, и в результате многолетних исследований с 1956 по 1960 гг. был разработан новый метод, который заключался в тепловой активации минералов и позволил исследовать процессы переноса радиогенного аргона в кристаллических структурах минералов.

Метод тепловой активации впервые позволил на основе экспериментальных диффузионных параметров (D и E) аргона интерпретировать discordantные цифры $K - Ar$ -возрастов и получить «истинные» возрасты

26-28

На основе диффузионных экспериментов в 1958—1965 гг., установлено, что аргон и калий во многих минералах находится в двух энергетических положениях: стабильном (объемном) и нестабильном (поверхностном). Оказалось, что аргон из стабильной зоны мигрирует, начиная с $500^\circ C$, и диффузия сопровождается с энергией активации $40-70$ ккал/моль, а выход аргона из нестабильной зоны происходит в интервале температур $100-400^\circ C$, и процесс выделения подчиняется кинетике физической адсорбции с энергией $2-6$ ккал/моль. Для исправления discordantных $K - Ar$ -возрастов необходимо было внести поправки на нестабильные доли аргона и калия.

Таким образом, впервые была разработана методика исправления discordantных $K - Ar$ -возрастов путем облагораживания стабильных зон как аргона, так и калия. Сущность методики сводилась к следующему: пробы минералов подвергались изотермическому отжигу в атмосфере, и после отжига в отдельных пробах масс-спектрометрическим методом измерялось содержание оставшегося аргона.

Для определения нестабильной доли калия эксперимент проводится в условиях повышенных P и T . Проба заключается в толстостенную бомбу, дополняется раствором азотно-кислого таллия (в дальнейшем раствор азотно-кислого таллия был заменен бидистиллированной водой). Объем бомбы закупоривается стальным конусом и греется в муфельной печи. По окончании изотермического отжига методом фотометрии пламени определяется содержание калия, выделенного в раствор.

Для вычисления исправленного возраста от общих количеств аргона и калия вычитаются доли нестабильных частей. По отношению $^{40}Ar_{стб}/K_{стб}$ вычисляется исправленный возраст. Полученные таким образом результаты хорошо согласуются с данными других радиологических методов

26-28, 31, 32

Говоря о важности этой методики, профессор Аризонского университета (США) П. Э. Деймон писал: «Амирханов и его сотрудники в ряде блестящих экспериментальных исследований наблюдали, что начало заметной диффузии аргона в полевых шпатах в лабораторных условиях совпадает с изломом на кривой удельной теплоемкости, указывающим на начало перестановки в кристаллической структуре».

Отсюда следует вывод, что такие изменения могут протекать постепенно в течение геологического времени при сравнительно низких температурах, создавая поверхности раздела, у которых локализуется некоторая часть радиогенного аргона. Эта часть аргона в так называемой неустойчи-

вой зоне легко десорбируется при нагревании в течение 2—3 ч и температурах 350—400 °С. Кроме того, эти исследователи установили, что ограниченная часть калия может быть удалена в результате катионного обмена с таллием. По-видимому, этот калий также был связан с аргоном в неустойчивой зоне. Во всяком случае, после удаления легко десорбируемого аргона и способного к обмену калия расхождение в возрасте между слюдами и этими калийсодержащими полевыми шпатами исчезло, и значение возраста по слюде и полевоому шпату хорошо совпадало друг с другом»²⁹.

В 1966 году был разработан за рубежом новый нейтронно-активационный ^{39}Ar — ^{40}Ar -метод определения абсолютного возраста³⁰.

Начиная в 1980 г. были проведены сравнения данных К — Ar-возраста минералов, полученных применением разработанной в Дагестанском филиале АН СССР методики обогащения стабильных зон калия и аргона, с данными возраста, полученными ^{40}Ar — ^{39}Ar -методом. Анализ данных показал, что ^{40}Ar — ^{39}Ar -метод, по существу, тождествен определению абсолютного возраста К — Ar-методом по стабильным зонам, разработанным в Дагестанском филиале АН СССР. Иначе говоря, и метод Дагестанского филиала АН СССР и ^{40}Ar — ^{39}Ar -метод приводят к одному и тому же результату исправленных возрастов по отношению к дочерним и материнским элементам в наиболее сохраненных частях кристаллической решетки. Разница лишь в том, что в классическом К — Ar-методе стабильные зоны К и ^{40}Ar вскрываются экспериментами при повышенных P и T , а в случае ^{40}Ar — ^{39}Ar -метода — нейтронным облучением. О наличии такой связи говорят также значения диффузионных параметров ^{39}Ar и К. Таким образом, можно полагать, что вскрытие нестабильных зон ^{40}Ar и К явилось предпосылкой к созданию ^{40}Ar — ^{39}Ar -метода. Несомненно, и К — Ar- и ^{40}Ar — ^{39}Ar -методы в геохронологических лабораториях должны функционировать во взаимосвязи, тем более что к ^{40}Ar — ^{39}Ar -методу применима вся теория К — Ar-метода.

С 1965 г. впервые в Институте физики начались исследования с целью выяснения механизмов миграции изотопов свинца, гелия, рубидия и стронция для интерпретации дискордантных возрастов уран-, торий-, радий- и рубидийсодержащих минералов. Результаты этих исследований позволили выявить наличие стабильных и нестабильных зон изотопов свинца, гелия, рубидия и стронция во многих минералах³¹. Оказалось, что применение метода обогащения стабильных зон изотопов свинца, рубидия, стронция не только применимо к исправлению дискордантных возрастов минералов, полученных свинцово-свинцовым и рубидий-стронциевым методами, но даже более необходимо для них, чем для калий-аргонового метода.

С 1953 по 1982 гг. лабораторией опубликовано: 5 монографий общим объемом 60 авт. л., из которых 1 переведена за рубежом (КНР), 2 тематических сборника объемом 15 авт. л., 1 монографическая статья в США («Анналы Нью-Йоркской Академии наук») и около 200 статей в специализированных журналах. В настоящее время готовятся к печати 2 монографии общим объемом 30 авт. л.

По предложению Президиума АН СССР и Комиссии по определению абсолютного возраста геологических формаций при Отделении геологии, географии и геофизики в Институте физики Дагестанского филиала АН СССР в 1975 г. была созвана XIX сессия Комиссии по определению абсолютного возраста.

С 1964 г. в Дагестанском филиале АН СССР развивается новое направление — определение абсолютного возраста пород и минералов методом ядерной гамма-резонансной спектроскопии. Основным достижением в этих исследованиях явилась обнаруженная в Институте физики Дагестанского

филиала АН СССР функциональная зависимость между мёссбауэровскими параметрами атомов железа-57 и возрастом минерала, которая может объясняться тем, что в решетке минерала ионы железа играют роль меченых атомов и являются носителями информации об актах радиоактивного распада и накоплении в минерале дочерних элементов за геологическую историю. Функциональная зависимость мёссбауэровских параметров от времени легла в основу создания нового графического метода определения абсолютного возраста минералов ³⁴.

В результате изучения мёссбауэровских спектров минералов разного возраста оказалось, что время «накладывает» отпечаток на вид линий спектра.

Так например, на рис. 5 представлены мёссбауэровские спектры двух биотитов: на рис. а) — биотит, датированный кайнозойем (17 млн. лет),

на рис. б) — датированный докембрием (1760 млн. лет). Различие спектров по внешнему виду и по мёссбауэровским параметрам обусловлено перераспределением катионов по неэквивалентным позициям, которое происходит в структуре минерала за геологическое время.

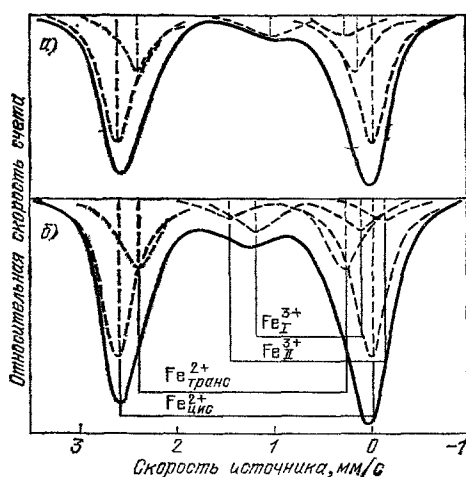


Рис. 5. Мёссбауэровские спектры биотита с возрастом 17 млн. лет (а) и 1760 млн. лет (б).

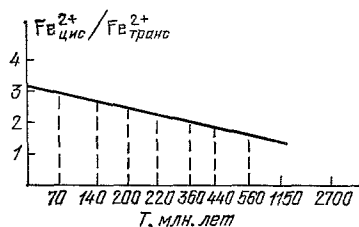


Рис. 6. График изменения величины отношения $Fe^{2+}_{цис}/Fe^{2+}_{транс}$ позиций с возрастом.

На рис. 6 показано экспериментально найденное перераспределение ионов железа по цис- и транс-позициям. Величина отношения $Fe^{2+}_{цис}/Fe^{2+}_{транс}$ для биотитов, флогопитов уменьшается от кайнозоя к докембрию.

На основании найденной функциональной зависимости между возрастом минерала и отношением цис- и транс-позиций в Дагестанском филиале АН СССР уже разработан новый метод определения абсолютного возраста, который в настоящее время «набирает силу» путем статистического накопления количества измерений и оценки их пригодности в геохронологии. На сегодня по этому вопросу уже опубликовано более 40 статей в различных журналах у нас и за рубежом с подробным описанием результатов определения абсолютного возраста с помощью эффекта Мёссбауэра.

Наряду с таким практическим воплощением функциональной зависимости между возрастом минерала и мёссбауэровскими параметрами, работа увенчалась другим крупным фундаментальным научным успехом, открывающим завесу, связанную с вопросом генезиса Земли в геологическое время.

Как известно, историческая геология, описывая время существования нашей планеты, делит весь период ее жизни в ~ 5 млрд. лет на целый ряд эпох и периодов, характеризующихся резкими стратиграфическими и фа-

циальными изменениями в земной коре, часто связанными с различными стрессами в биологической жизни за это время. До сих пор такое разделение осуществлялось при изучении многих геологических параметров в совокупности с биологическими процессами в эти периоды на Земле.

Сравнение параметров мессбауэровского спектра железа по их квадрупольному расщеплению в разновозрастных минералах привело авторов к открытию этого нового явления, заключающегося в том, что «меченый» атом железа ^{57}Fe , оказывается, сам «отбивает» по разности квадрупольного расщепления все геологические периоды.

На рис. 7 представлена геохронологическая шкала Земли, «отбитая» «мечеными» атомами железа-57 по величине квадрупольного расщепления в разновозрастных минералах. Таким образом, «меченый» атом железа

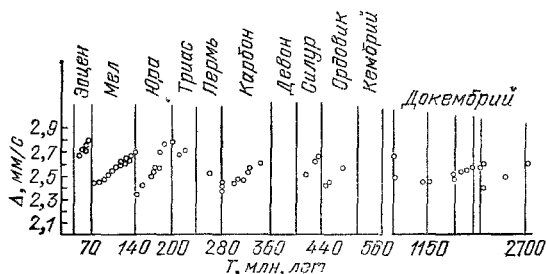


Рис. 7. Вековые вариации квадрупольного расщепления железа в геохронологическом масштабе.

^{57}Fe не только «стареет» вместе с минералом, но и участвует во всех других процессах, приводящих к разбивке возраста Земли на геологические периоды ³⁵. Эти процессы на ядре ^{57}Fe запечатлеваются навсегда. Теперь в задачу физиков Дагестанского филиала АН СССР, естественно, входит их обнаружение или, вернее, их проявление. Ведутся работы путем подбора аналогичных воздействий на атом железа ^{57}Fe , которым он мог подвергаться в ту далекую геологическую эпоху. С этой целью в Институте физики ведутся исследования по воздействию на атом железа ^{57}Fe электрических и магнитных полей, давления, высоких и низких температур, радиации и т. д.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Иоффе А. Ф.— Изв. АН СССР, Сер. физ., 1952, т. 16, с. 16.
2. Амирханов Х. И.— Изв. АН Азерб.ССР, 1949, № 4.
3. Амирханов Х. И.— Изв. АН СССР. Сер. физ., 1938, № 5—6, с. 683.
4. Амирханов Х. И.— Ibid., 1941, № 5, с. 447.
5. Гашимзаде М. У.— Ibid., 1952, т. 16, с. 218.
6. Самедов З. А.— Ibid., с. 218, Тр. Ин-та физики и математики АН Аз. ССР, 1951, т. 5, с. 33.
7. Абдуллаев Г. Б.— Изв. АН СССР. Сер. физ., 1952, т. 16, с. 218.
8. Бабаев А. А. Автореферат канд. диссертации.— Баку, 1949.
9. Амирханов Х. И., Даибов А. З., Жузе В. П.— ДАН СССР, 1954, т. 98, с. 557.
10. Амирханова Д. Х. Автореферат канд. диссертации.— Баку: АГУ, 1961. Амирханов Х. И., Амирханова Д. Х., Хохлачев П. П.— ФТП, 1976, т. 18, с. 1944. Amirhanova D. Kh., Khokhlov P. P.— Sov. Phys.— Sol. State, 1973, v. 15, p. 4. Амирханов Х. И., Амирханова Д. Х., Батдалов А. Б.— В кн. Материалы конференции НТ-21.— Харьков, 1980.— Ч. II, с. 144.
11. Амирханов Х. И., Магомедов Я. Б., Исмаилов Ш. М., Алиева Х. О.— В кн. Труды VI Международной конференции по аморфным и жидким полупроводникам.— Ленинград, 1975. Амирханов Х. И., Магомедов Я. Б., Исмаилов Ш. М., Айдамиров М. А., Алиева Х. О.— В кн. Доклады конференции «Аморфные полупроводники-82».— Бухарест, 1982.— С. 217.

12. Исмаилов Ш. М. Автореферат канд. диссертации.— Ленинград, 1978.
13. Амирханов Х. И., Багдугев Г. Б., Кажлаев М. А.— ДАН СССР, 1957, т. 117, с. 953.
Магомедов Я. Б. Автореферат канд. диссертаций.— Махачкала, 1966.
Гаджиев Г. Г. Автореферат канд. диссертации.— Горький, 1971.
14. Эмиров С. Н. Автореферат канд. диссертации.— Ленинград, 1977.
15. Amirkhanov Kh. I., Daunov M. I., Magomedov A. B., Emirov S. N.— High Temp.— High Press. 1975, v. 7, No. 6.— P. 690.
16. Цидильковский И. М. Автореферат канд. диссертации.— Ленинград, 1955.
Баширов Р. И. Автореферат канд. диссертации.— Ленинград, 1958.
Акимов А. А. Автореферат канд. диссертации.— Махачкала, 1970.
17. Амирханов Х. И., Баширов Р. И., Закиев Ю. Э.— В кн. Тезисы IX Всесоюзного совещания по физике низких температур.— Ленинград, 1962.— С. 37; ДАН СССР, 1963, т. 148, с. 1279; ФТТ, 1963, т. 5, с. 469.
Баширов Р. И. Автореферат докт. диссертации.— Баку, 1972.
Закиев Ю. Э. Автореферат канд. диссертации.— Ленинград, 1963.
Исмаилов З. А. Автореферат канд. диссертации.— Ленинград, 1965.
Гаджиалиев М. М. Автореферат канд. диссертации.— Ташкент, 1969.
Моллаев А. Ю. Автореферат канд. диссертации.— Черновцы, 1973.
18. Амирханов Х. И., Алиев К. М., Баширов Р. И., Гаджиалиев М. М.— Письма ЖТФ, 1978, т. 4, с. 660.
19. Амирханов Х. И., Адамов А. П.— В кн. Тезисы докладов на VII Международной конференции по свойствам воды.— Токио, 1968; Теплоэнергетика, 1963, № 10.— С. 69.
Адамов А. П. Автореферат канд. диссертации.— Баку, 1966.
Гасанов Г. Д. Автореферат канд. диссертации.— Баку, 1973.
Магомедов У. Б. Автореферат канд. диссертации.— Баку, 1979.
20. Керимов А. М. Автореферат канд. диссертации.— Москва, 1958.
Матизен Э. В. Автореферат канд. диссертации.— Москва, 1958.
Алибеков Б. Г. Автореферат канд. диссертации.— Москва, 1963.
Керимов А. М. Автореферат докт. диссертации.— Баку, 1965.
Степанов Г. В. Автореферат канд. диссертации.— Москва, 1969.
Вихров Д. И. Автореферат канд. диссертации.— Москва, 1971.
Мурсалов Б. А. Автореферат канд. диссертации.— Баку, 1974.
21. Амирханов Х. И., Степанов Г. В., Алибеков Б. Г. Изохорная теплоемкость воды и водяного пара.— Махачкала: Изд-во АН СССР. Даг. филиал, 1969.
22. Амирханов Х. И., Алибеков Б. Г., Вихров Д. И., Мирская В. А. Изохорная теплоемкость и другие calorические свойства нормальных алканов.— Махачкала: Дагкнигоиздат, 1981.
23. Амирханов Х. И., Брандт С. Б. Определение абсолютного возраста горных пород по радиоактивному превращению калия-40 в аргон-40.— Махачкала: Дагкнигоиздат, 1956.
Amirkhanov Kh. I. et al.— Ann. N.—J. Acad. Sci., 1961, v. 91, p. 235.
24. Старик И. Е. Ядерная геохронология.— М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961.
25. Гамильтон Е. И.— В кн. Прикладная геохронология.— Л.: Недра, 1968.— С. 47.
26. Амирханов Х. И., Брандт С. Б., Бартницкий Е. Н. Радиогенный аргон в минералах и горных породах.— Махачкала: Дагкнигоиздат, 1960.
Бартницкий Е. Н. Автореферат канд. диссертации.— Киев, 1962.
Брандт С. Б. Автореферат докт. диссертации.— Иркутск, 1964.
Вороновский С. Н. Автореферат канд. диссертации.— Баку, 1964.
27. Амирханов Х. И., Брандт С. Б., Батырмурзаев А. С. Физические основы калий-аргоновой геохронометрии.— Махачкала: Дагкнигоиздат, 1979.
28. Батырмурзаев А. С. Миграция калия и радиогенного аргона в минералах.— Махачкала: Дагкнигоиздат, 1982.
29. Деймон П. Э.— В кн. Радиометрическое датирование.— М.: Недра, 1973.— С. 156.
30. Maggihue A., Turner A.— J. Geol. Phys. Res., 1966, v. 71, No. 11.
31. Батырмурзаев А. С. Автореферат канд. диссертации.— Махачкала, 1969.
32. Омарова М. Р. Автореферат канд. диссертации.— Махачкала, 1981.
33. Магомедов Ш. А. Автореферат канд. диссертации. Махачкала, 1970.
34. Амирханов Х. И., Анохина Л. К., Сардаров С. С.— В кн. Геологорadioлогическая интерпретация несходящихся значений возраста.— М.: Изд-во АН СССР, 1969.
35. Амирханов Х. И., Анохина Л. К. Автореферат канд. диссертации.— Махачкала, 1969.
35. Амирханов Х. И., Анохина Л. К.— ДАН СССР, 1975, т. 218, с. 659.