

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

СОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

9-е СОВЕЩАНИЕ ПО СПЕКТРОСКОПИИ

(Доклады на второй и третьей секциях)

Доклады на второй секции 9-го совещания по спектроскопии *) были посвящены следующим вопросам: 1) возбуждение и свечение атомов, 2) процессы в источниках света и задачи спектрального анализа, 3) спектральные приборы и фотоэлектрические методы регистрации спектров.

По первому вопросу было сделано восемнадцать докладов, в которых разбирались элементарные процессы возбуждения и свечения атомов, ширина спектральных линий, распределение атомов и молекул по энергетическим состояниям в источниках света и т. д.

В докладе С. Л. Мандельштама и Н. К. Суходрев разбирался вопрос о применимости закона Кирхгофа к изучению плазмы газового разряда. На основании рассмотрения балансов актов испускания, поглощения и вынужденного испускания света авторы установили, что закон Кирхгофа выполняется, если: а) для линий имеет место Больцмановское распределение атомов по возбужденным уровням, б) для непрерывного спектра, обусловленного свободно-связанными переходами, — распределение электронов по формулам Саха и Максвелла, в) для непрерывного спектра, обусловленного свободно-свободными переходами, — Максвелловское распределение электронов по скоростям. Все эти условия обычно реализуются в плазме искры и дуги при атмосферном давлении, а также в некоторых случаях разряда в газах низкого давления.

А. А. Диброва в докладе «Диаграмма периодической системы потенциалов ионизации» показала, что для определения ионизационных потенциалов путём интерполяции или экстраполяции следует вводить «средний» ионизационный потенциал, равный ионизационному потенциалу, делённому на порядок ионизации. Эти средние потенциалы удовлетворяют для изоэлектронных рядов линейной зависимости от зарядового номера Z .

В докладе С. Э. Фриша и И. П. Запесочного была разобрана роль каскадных переходов при возбуждении спектральных линий. Экспериментально определялась интенсивность линий ртути в зависимости от энергии возбуждающих электронов. Было обращено особое внимание на монокинетичность электронов, применялся фотоэлектрический метод измерения интенсивностей. Результаты измерения дали следующее: оптические функции возбуждения линий ртути $\lambda\lambda$ 5461, 4358, 4047, 4078, 4916, 4108 Å имеют по несколько острых максимумов, расположенных на 1—4 σ выше потенциала возбуждения. Наличие этих максимумов объясняется ролью каскадных переходов. Каждая экспериментальная кривая

*) Отчёт о работе первой секции 9-го совещания по спектроскопии см. УФН, т. LV, вып. 3.

с несколькими максимумами может быть разложена на кривые, представляющие собой истинные функции возбуждения отдельных энергетических уровней ртути. Эти функции возбуждения имеют более острые максимумы, чем это считалось до сих пор. Наличие каскадных переходов подтверждается непосредственными опытами. В случае возбуждения видимого триплета ртути $\lambda\lambda$ 5461, 4358, 4047 Å существенную роль должны играть переходы с уровней 7^3P_J и 8^3P_J . Первые из них ведут к излучению инфракрасного триплета, который по условиям опыта не мог наблюдаться; вторые ведут к испусканию триплета $\lambda\lambda$ 6907, 7082, 7092 Å. Появление этих линий действительно и было обнаружено при тех возбуждающих потенциалах, которым соответствовал один из максимумов на оптической функции возбуждения триплета $\lambda\lambda$ 5461, 4358, 4047 Å.

Ряд докладов был посвящён применению метода аномальной дисперсии к определению сил осцилляторов и концентрации атомов. Г. Ф. Парчевский и Н. П. Пенкин применяли метод «крюков» Д. С. Рождественского к определению сил осцилляторов в спектрах железа и никеля. Получены и измерены спектрограммы, содержащие снимки крюков у линий поглощения 14 мультиплетов железа. Линии, принадлежащие к этим мультиплетам, возникают при переходах с нижних уровней атома железа a^5D , a^5F и a^3F . Относительные силы осцилляторов измерены для 56 линий. В парах никеля «крюки» были сфотографированы вблизи линии поглощения 20 мультиплетов, возникающих при переходах с уровней a^3F , a^3D и a^1D . Относительные силы осцилляторов измерены для 48 линий. Точность определений для линий, принадлежащих одному мультиплету, 3—8%, а для линий разных мультиплетов 10—20%. Полученные данные критически сравнены с результатами измерений, выполненных методами испускания и поглощения. Установлены значительные расхождения между силами осцилляторов, измеренными разными способами. Для линий, принадлежащих к различным мультиплетам, расхождения достигают порядка величины. Эти расхождения могут быть объяснены ошибками в определении концентраций атомов на исходных уровнях. При использовании метода испускания большое искажающее действие оказывает реабсорбция. Метод аномальной дисперсии свободен от этого недостатка.

Н. П. Пенкин и М. Н. Палладин доложили о применении метода «крюков» Д. С. Рождественского к определению концентрации возбуждённых атомов ртути в разряде в смеси паров ртути с инертными газами. Измерена заселённость 6^3P_{012} -уровней ртути в разряде в чистых парах ртути и в смеси паров ртути с аргоном, неоном и ксеноном. Измерения производились при различных давлениях паров ртути и инертного газа, а также при различных силах разрядного тока. Оптические измерения сопровождались зондовыми, дающими возможность определить концентрацию электронов и температуру электронного газа. В результате измерений прослежен переход от неравновесных заселённостей уровней к равновесным, определяемым формулой Больцмана, соответствующим температуре электронного газа. Установлен механизм образования и разрушения атомов ртути в состояниях 6^3P_{012} в исследованном типе разряда. Показано, что инертный газ оказывает лишь незначительное влияние на заселённость 6^3P_{012} -уровней ртути.

А. М. Шухтин в своём докладе сообщил о предложенном им изменении метода Д. С. Рождественского, основанном на компенсации оптической длины исследуемого столба вещества оптической длиной слоя того же вещества с известной концентрацией частиц. Метод применим к определению изменения плотности и состава смеси паров в газоразрядном промежутке. В случае работы со смесью паров метод позволяет определить изменение концентрации частиц каждого сорта избирательно. Одновременно с определением изменения концентрации невозбуждённых частиц метод позволяет выяснить влияние изучаемого процесса на опти-

ческие свойства вещества (вид кривой дисперсии, вероятности переходов и т. д.).

О другом новом варианте метода Рождественского сообщил Г. П. Старцев. Он предложил применение трёхлучевого интерферометра для измерения дисперсии вблизи линий поглощения. Изменение показателя преломления вблизи линии поглощения вызывает «разрывы» интерференционных полос, расстояние которых от линии определяет величину дисперсии. Использовались две схемы трёхлучевого интерферометра, собранные по типу интерферометров Релея и Жамена. С целью проверки нового метода было измерено отношение сил осцилляторов для 1-го дублета натрия, для которого это отношение хорошо известно по тщательным измерениям, выполненным методом «крюков». Получено отношение $I_1/I_2 = 2,01 \pm 0,02$, что согласуется со значением $2,00 \pm 0,01$, полученным методом «крюков». В докладе был также изложен способ учёта влияния составляющих дублета на измеряемую дисперсию. Показано, что новый способ измерения дисперсии примерно на порядок чувствительнее метода «крюков». Совпадение сил осцилляторов, измеренных по «разрывам» на различных расстояниях от линий поглощения, свидетельствует об отсутствии систематических ошибок в предлагаемом методе. Вместе с тем подтверждается правильность формул Зельмейера до расстояний в 0,2 Å от линии поглощения.

В докладе В. В. Лебедевой и В. А. Фабриканта было сообщено об измерениях интенсивностей в видимом триплете ртути. Показано, что при учёте влияния реабсорбции для отношения интенсивностей получается значение $J_{3461} : J_{4358} : J_{4047} = 71 : 100 : 48$, что хорошо согласуется с отношением $67 : 100 : 45$, получаемым из правила сумм. Приведены результаты приближённого квантово-механического расчёта вероятностей перехода линий видимого триплета и интеркомбинационной линии $\lambda 12070$ Å. Получено соотношение $J_{12070} : J_{3461} : J_{4358} : J_{4047} = 0,09 : 69 : 100 : 46$. Вычислена также продолжительность жизни уровня ртути 7^3S_1 .

Ряд докладов был посвящён ширине спектральных линий. И. И. Сибельман в докладе «О соотношении ударной и статистической теории ширины спектральных линий» дал общее рассмотрение вопроса о ширине линий, содержащее в двух предельных случаях как ударную, так и статистическую теорию, и установил границы их применимости. Для центра линии распределение интенсивности определяется ударной теорией, для краёв линии — статистической.

И. М. Нагибина сделала доклад об исследованиях ширины спектральных линий в дуговом разряде переменного тока. Сделана попытка связать ширину спектральных линий с ходом градуировочного графика. Для ряда элементов (Mn, Cd, Pb, Mg) определялась интегральная относительная интенсивность линий и определялась её зависимость от концентрации элемента в источнике света. Для определённого интервала концентраций установлена линейная зависимость. В этом интервале концентраций ширина линий в дуговом разряде остаётся постоянной. При больших концентрациях имеет место линейная зависимость между шириной линии и концентрацией. Сделана попытка объяснить расширение линий в дуговом разряде с точки зрения «тушащих» столкновений с однородными атомами.

Исследованию формы и ширины спектральных линий в дуговом разряде постоянного тока был посвящён доклад В. Ф. Китаевой. Исследованы линии Na и Ti. Вещество вводилось в виде набивки в угольный анод дуги. Измерения производились с помощью эталона Фабри-Перо. Установлено, что для линий с малым квадратичным Штарк-эффектом (Na, $\lambda 5890$, Ti, $\lambda 5350$) ширина целиком определяется лорентцовскими соударениями и эффектом Допплера. Для линий с большей постоянной Штарка (Na, $\lambda 4752$) ширина не может быть объяснена только эффектом

Допплера и лорентцовским расширением. Для этой линии, повидимому, существенно взаимодействие с ионами и электронами.

Процессам в дуге постоянного тока были также посвящены доклады М. А. Алексеева и В. С. Мельченко. М. А. Алексеев использовал для определения абсолютных концентраций атомов в дуге метод, предложенный Н. А. Прилежаевой, который основан на сравнении интенсивностей линий нейтральных атомов и ионов. Температура дуги определялась из сравнения интенсивностей двух линий нейтрального атома, имеющих разные потенциалы возбуждения. Измерения выполнены, как для ряда точек вдоль столба дуги, так и по радиусу дуги. Результаты измерений для концентраций атомов вдоль столба оказались в хорошем согласии с вычислениями, выполненными на основании теории диффузии. Вдоль радиуса дуги концентрация атомов меняется мало. Температура падает от оси дуги к её периферии на $600-700^\circ$. По формуле Саха вычислена степень ионизации атомов. В. С. Мельченко исследовал влияние самопоглощения на интенсивность линий в дуге. Построены кривые роста для ряда линий и установлено отклонение зависимости интенсивности линий от линейной зависимости от концентрации при больших концентрациях.

С. М. Кишко и В. С. Милиянчук доложили о своей работе, посвящённой влиянию света ртутной дуги на излучение пламени. Обнаружено, что при освещении в спектре пламени возникают новые молекулярные полосы в результате нарушения правил отбора для переходов между колебательными уровнями. Вопрос о нарушении правил отбора в поле монохроматического излучения рассмотрен также теоретически.

Доклады Т. Н. Поповой и Н. А. Прилежаевой, В. С. Рассохина и И. Л. Цикора, и И. В. Вейца, Л. В. Гурвича и В. В. Коробова хотя и были сделаны на 2-й секции, посвящены молекулярным спектрам. В первой из этих работ исследовалось распределение молекул по колебательным состояниям в тлеющем разряде. Во второй работе изучался высокочастотный разряд в CO_2 и C_2H_2 при атмосферном давлении. Обсуждён механизм образования радикалов C_2 и CN . В третьей работе определялась энергия диссоциации молекул окислов металлов (SrO , CaO , MgO) на основании измерения интенсивности резонансных линий металлов в спектре пламени.

Большая группа докладов (десять) была посвящена изучению процессов в источниках света, применяемых в спектральном анализе. С. Л. Мандельштам и П. И. Гиндо сообщили о дальнейших работах по исследованию свечения канала искры. Наблюдения производились при вариациях параметров контура, состава и давления газа, а также величины искрового промежутка. Определена температура в процессе развития канала и исследована применимость формулы Больцмана для распределения атомов по возбуждённым уровням при разных условиях разряда. В докладе В. К. Прокофьева с группой сотрудников сообщалось о свойствах низковольтного импульсного электрического разряда. Изучался процесс выброса факела светящегося вещества, длительность этого выброса и испускание отдельных спектральных линий в зоне факела. Использовалась зеркальная развёртка для исследования отдельных стадий выброса факела. Установлено, что истечение светящегося вещества происходит с большими скоростями (800 м/сек и больше). В первоначальной стадии наблюдается преимущественно спектр ионов, а в последующей стадии — спектр нейтральных атомов.

К. С. Вульфсон также изучал методом зеркальной развёртки временной ход яркости канала импульсного разряда в инертных газах. Установлено наличие предельной яркости, что указывает на большую роль самопоглощения света в плазме канала. О. П. Бочкова и Е. Я. Шрейдер доложили о применении импульсного разряда для спектрального анализа газовых смесей. Исследования производились в смесях гелий-

аргон и гелий-азот. Установлено, что в спектре импульсного разряда возникают дуговые линии трудно возбудимого компонента и искровые линии — легко возбудимого. Это позволяет повысить чувствительность анализа на трудновозбудимый компонент. Удаётся определять сотые доли процента гелия в азоте. Импульсный разряд может быть также применён для анализа трёхкомпонентных смесей. Выгодной для проведения спектрального анализа особенностью импульсного разряда является очень слабое выделение и поглощение газов электродами.

Доклады Г. П. Скорнякова и Г. Е. Золотухина были посвящены испарению материала электродов в дуге. Г. П. Скорняков установил разную интенсивность испарения различных металлов в зависимости от того, является ли данный металл в дуге постоянного тока катодом или анодом. Автор полагает, что в дуге образуются отрицательные ионы металлов. Г. Е. Золотухин исследовал влияние химического состава электродов на скорость испарения. Проведены расчёты по кинетике тепловых процессов на поверхности электродов. Кинетике парообразования в электрической дуге был также посвящён доклад Я. Д. Райхбаума. Автор исследовал зависимость времени парообразования от массы образца и его термических констант. Скорость парообразования резко возрастает при достижении точки кипения вещества. Это даёт возможность определять температуру кипения металлов и их соединений, а также фиксировать фракционный характер поступления паров различных соединений в разряд.

М. Э. Бричке доложил об исследованиях сильноточной дуги, в которой достигалась плотность тока $70-80 \text{ а/см}^2$. Исследовалась интенсивность различных атомарных и ионных линий и их распределение по частям дуги. Обнаружено, что в сильноточной дуге отсутствует усиление линий ионов у электродов. Доклад Н. С. Свентицкого и К. И. Таганова был посвящён возбуждению спектров разрядом в жидкой среде. Особенности возбуждения в жидкости позволяют получить дополнительные данные о спектрах элементов. Разряд в жидкостях пригоден для изучения процессов при электрических методах обработки металлов. Об исследованиях температуры искры от установки для электроискрового упрочнения металлов докладывали А. Н. Люличев и Л. С. Палаткин. Температура искры измерялась по отношению интенсивностей дуговых и искровых линий железа. Изучено влияние параметров разряда на температуру.

Несколько особняком стоял доклад М. В. Долидзе, относящийся к астрофизической проблеме. Работа М. В. Долидзе была посвящена спектрофотометрии звёзд разных спектральных классов. Обнаружено, что для звёзд типа *P* Лебеда распределение энергии в сплошном спектре отличается от планковского. Полученные результаты использованы для вычисления величин, характеризующих оболочку звезды.

Большая группа докладов (общим числом 27) касалась вопросов новых приборов для спектроскопических исследований и спектрального анализа. Три из этих докладов носили обзорный характер и были сделаны на пленарных заседаниях. Остальные были доложены на двух объединённых заседаниях II и III секций и на двух заседаниях секций II.

В большом обзорном докладе В. К. Прокофьева отмечены две особенности, отличающие новые приборы от ранее выпускавшихся: 1) широкое использование дифракционных решёток, плоских и вогнутых, с числом штрихов 600 и 1200 на мм и 2) использование фотозлектрических приёмников для регистрации спектров. В этом обзоре представлены новые приборы следующих групп: вакуумные спектральные приборы, светосильные приборы большой дисперсии и разрешающей способности, интерференционные спектральные приборы, спектроскопы, спектрофотометры, приборы для инфракрасной области спектра, генераторы для возбуждения спектров, приборы для изучения спектрограмм и демонстрационные спектральные приборы. В следующих докладах были разобраны свойства некоторых из

этих приборов и рассмотрены отдельные вопросы их действия и использования. Эти доклады можно разбить на несколько групп. Дифракционные решётки и приборы с ними рассмотрены в трёх докладах. Спектральные характеристики советских дифракционных решёток изложены в обстоятельном докладе Ф. М. Герасимова, прочтённом на пленарном заседании. Здесь были освещены вопросы качества спектра, даваемого образцами плоских и вогнутых решёток, концентрации интенсивности в отдельные порядки спектра (до 70% в один порядок) интенсивности духов Роуланда (десятичные доли процента). В докладе А. М. Нижина и Ф. З. Педоса изложены результаты работ по изготовлению копий (реплик) дифракционных решёток с достаточно удовлетворительным качеством спектра, пригодных для спектральных приборов с небольшим фокусным расстоянием (до 1000 мм). Р. И. Тверянкина доложила о свойствах и устройстве дифракционного спектрографа (ДФС-2) с вогнутой дифракционной решёткой (600 и 1200 штрихов на мм) радиуса кривизны 2 м, установленной по схеме Пашена-Рунге (на круге Роуланда) и, дифракционного спектрографа с плоскими решётками и вогнутым зеркалом фокусного расстояния 4 м, собранного по автоколлимационной схеме (ДФС-3). Вопросам фотоэлектрической регистрации спектра посвящено восемь докладов. В обстоятельном обзорном докладе И. С. Абрамсона и С. Л. Мандельштама «Некоторые вопросы фотоэлектрических методов спектрального анализа», прочитанном на пленарном заседании, были критически разобраны вопросы выбора источника возбуждения спектра, спектрального аппарата, приёмника радиации и схемы регистрации для обеспечения получения анализа наибольшей точности. Особому рассмотрению были подвергнуты приёмники радиации (счётчик фотонов, фотоэлемент и фотоумножитель) с точки зрения чувствительности и точности измерений. В докладе Л. М. Мальявкина и И. С. Абрамсона изложен опыт работы по применению электрометра с динамическим конденсатором для фотоэлектрической регистрации спектров. И. С. Абрамсон и А. Н. Могилевский рассмотрели некоторые особенности работы фотоэлектрических систем с развёрткой спектра при регистрации спектров комбинационного рассеяния. Я. С. Бобович и Д. Б. Гуревич доложили об устройстве прибора с плоской дифракционной решёткой большой поверхности ($150 \times 150 \text{ мм}^2$) с фотоумножителем, усилителем и зеркальной записью спектра на фотобумагу от гальванометра; даны иллюстрации применения этого прибора для записи спектров комбинационного рассеяния.

Т. К. Фальк описала устройство и основные свойства трёх спектральных приборов с подобной же фотоэлектрической регистрацией спектра: выходной коллиматор ($f = 300 \text{ мм}$) к спектрографу ИСП-51 для записи спектра в области 4000—5400 Å (ПС-381); выходной коллиматор ($f = 800 \text{ мм}$) к ИСП-51 с двумя фотоумножителями для записи спектра в области 3600—10 000 Å (ПС-382); спектрограф с плоской дифракционной решёткой 600 и 1200 штрихов на мм ($f = 1200 \text{ мм}$) с возможностью записи спектра от фотоумножителя, а также фотографирования на фотопластинку (ДФС-4) И. В. Подмошенский и Л. Д. Кондрашова сообщили об устройстве и опыте работы фотоэлектрической 8-канальной установки с вогнутой решёткой 2-метрового радиуса кривизны с фотоэлементами и схемой отсчёта по принципу накопления заряда с последующим логарифмированием и получением отсчёта, пропорционального логарифму относительной интенсивности. В докладе С. А. Куликова и А. В. Яковлевой описана конструкция флуоритового вакуумного спектрографа со счётчиком фотонов в качестве приёмника радиации. С целью получения большей чистоты спектра предусмотрено свдвоение оптической системы и получение двойного монохроматора; даны примеры работы такого прибора. Наконец, Осипова сообщила об устройстве и свойствах автоматического регистрирующего спектрофотометра СФ-2м для видимой области спектра.

Устройство некоторых призмных спектральных приборов описано в четырех докладах. А. И. Рыскин доложил об устройстве и свойствах большого трёхпризмного стеклянного спектрографа (ИСП-67) с четырьмя сменными камерами $f = 180, 500, 1500$ и 3000 мм; последняя камера автоколлимационная, дающая в области 4000 Å линейную дисперсию около $0,8$ Å/мм. Б. А. Шапочкин в своём докладе предложил конструкцию двухпризмной диспергирующей системы, работающей как в минимуме, так и вне минимума отклонения. Г. Л. Берман сообщил об устройстве стилометра (СТ-7) новой конструкции и опыте работы на нём по анализу ряда цветных сплавов. В докладе И. И. Громовой и А. В. Яковлевой, И. Р. Протас дано описание вакуумного флуоритового спектрографа и работы на нём с помощью специально разработанных пластинок типа Шумана с повышенной чувствительностью. Три доклада касались генераторов возбуждения спектров и источников света для спектроскопических работ. Доклад М. И. Демидова, Н. Н. Огурцовой и И. В. Подмошенского был посвящён устройству низковольтного генератора дуги и искры с электронным управлением; предложена оригинальная конструкция штатива с защитным кожухом, удовлетворяющая требованиям отсутствия радиопомех от него. Г. А. Соболева рассказала о своей работе по исследованию искрового и дугового режима серийно выпускаемого генератора ДГ-1; калориметрическим способом произведено измерение энергии, выделяемой в разряде и идущей на нагрев электродов. И. И. Кондilenko и М. П. Лисица предложили конструкцию мощной водородной лампы с разрядным током $2-17$ а.

Приборы для инфракрасной области освещены в двух докладах. Л. В. Смирнова доложила об устройстве двух инфракрасных спектрометров ИКС-11 и ИКС-6; последний имеет разрешающую способность почти в два раза большую, чем ИКС-11. Усиление термотокнов и регистрация производится при помощи фотоэлектрооптического усилителя Б. П. Козырева. А. М. Бонч-Бруевич и Я. А. Имас предложили оригинальный метод регистрации быстропеременных процессов с помощью инерционных приёмников, пригодный для инфракрасной области; сущность метода заключается в согласовании частотных характеристик приёмника и электрического регистрирующего устройства.

Два доклада касались работы с приборами высокой разрешающей способности. Ф. А. Королёв доложил о новых методах применения мультиплекс-эталонов для целей спектроскопии высокой разрешающей силы. Ему же, совместно с В. Сухановским, удалось получить диэлектрические покрытия для зеркал эталонов Фабри-Перо с малым поглощением и высоким значением коэффициента отражения.

Устройство нового оригинального регистрирующего микрофотометра (МФ-4) было освещено в докладе Г. Я. Коссова. В основу конструкции взят хорошо известный и вполне себя оправдавший микрофотометр МФ-2. М. Я. Шапиро доложил об устройстве очень простого реле времени, управляющего временем обжига и экспозиции при количественном спектральном анализе. А. К. Русанов, Э. В. Гусаккая и Н. В. Ильслова демонстрировали изготовленный ими атлас искровых и дуговых спектров элементов для области $2200-6900$ Å, полученных с помощью спектрографа ИСП-22. В атласе кроме линий железа (основа атласа) дано положение аналитических линий 55 элементов. С. К. Калинин продемонстрировал разработанный им атлас спектральных линий для стеклянного спектрографа в области волн $3700-9100$ Å. В атласе отмечено положение линий 62 элементов относительно линий спектра железа.

Третья секция — секция эмиссионного спектрального анализа — была самой многочисленной. В её работе приняли участие свыше 400 делегатов. На 9 заседаниях (в том числе 2 параллельных) было заслушано и обсуждено около 80 докладов. Кроме того, были два заседания, совместные

со второй секцией по приборам, процессам в разряде и генераторам возбуждения спектров. Многие доклады подвергались подробному обсуждению, возникали острые дискуссии. Особо следует отметить многочисленность встреч делегатов от промышленных организаций друг с другом и с работниками ряда министерств, принявших деятельное участие в работе совещания. Весьма интенсивной была внесекционная работа и отраслевые совещания, объединявшие работников предприятий отдельных министерств, проходившие как во время совещания, так и в течение двух дней после его окончания. Столь интенсивная внесекционная работа явилась следствием того, что на совещание съехались представители самых разнообразных районов нашей страны; здесь мы встречались с представителями арктических промышленных районов и крайнего юга, представителями дальнего востока и прибалтийских республик. Многие из этих представителей выступили с докладами, свидетельствующими о большой работе, ведущейся в различных уголках нашей необъятной Родины. Можно без преувеличения сказать, что третья секция минувшего совещания продемонстрировала большие успехи, которые сделал эмиссионный спектральный анализ у нас за истекшие два года. Это следует не только из появления на совещании представителей новых предприятий, новых отраслей промышленности, но также и из ряда серьезных докладов, свидетельствующих о повышении уровня работ, проводимых в промышленных предприятиях.

В кратком обзоре невозможно сколько-нибудь обстоятельно изложить содержание всех докладов. Рассмотрим их по группам.

1. Общие методические вопросы. Здесь были заслушаны три доклада, касающиеся изготовления эталонов для спектрального анализа. К. А. Сухенко изложила результаты больших работ, проведенных ею с группой своих сотрудников по выпуску эталонов алюминиевых и магниевых сплавов, а также ряда сложных многокомпонентных сплавов. Были освещены методы получения литых и тянутых эталонов и результаты их проверки и паспортизации.

Преимущества брикетированных эталонов, спрессованных из порошков различных металлов, были изложены в докладе В. В. Поляковой. Было отмечено, что перевод металла в порошок с последующим брикетированием приводит к повышению чувствительности определения небольших примесей; это находит объяснение в повышенной теплопроводности таких брикетов. В докладе В. В. Стёпина были изложены перспективы развития выпуска эталонов для спектрального анализа различных сталей, ферросплавов и шлаков. Четыре доклада были посвящены градуировочным графикам. И. С. Фишман изложил дальнейшие свои работы по изучению коэффициента реабсорбции b , определяющего наклон градуировочного графика при логарифмических координатах ($\lg J_{\text{пр}}/J_{\text{осн}} = b \lg c + \lg a$). Сделана попытка определения этого коэффициента для ряда спектральных линий; подтверждено, что спектральные линии, связанные с нормальными или метастабильными состояниями атомов, дают $b = 1$. Ю. М. Буравлёв на примере некоторых сталей показывает, что градуировочные графики для этих сталей не параллельны друг другу, поэтому анализ этих сталей нельзя вести, пользуясь контрольным эталоном. А. М. Борбат и Н. Г. Ляхович для сплавов на алюминиевой основе установили параллельность градуированных эталонов; однако некоторые группы эталонов дают пересекающиеся графики; специальная проверка состава контрольным химическим анализом не устранила этого пересечения. С. А. Шипицын аналитически показал, что учёт фона в спектре хотя и приводит к увеличению наклона градуировочных графиков, не даёт повышения точности определения концентрации. В докладах А. Б. Шаевича, Ю. М. Буравлёва и Р. И. Гуткиной изложены результаты исследований по влиянию структуры и цементации при анализе ряда легированных и высоколегированных сталей и чугунов; обнаружены некоторые влияния, про-

являющиеся в смещении градуировочных графиков. И. А. Грикит установил влияние термической обработки на результаты анализа быстрорежущей стали. Интересные доклады были сделаны Н. К. Рудневским с группой сотрудников о характере поступления вещества электрода в разрядный промежуток для медно-никелевого и алюминиево-кремниевых сплавов. При помощи оригинального и простого приёма удаётся улавливать вещество, прошедшее зону разряда и анализировать его. Установлена неравномерность поступления вещества, связанная с изменением теплопроводности вещества электродов, а также пропорциональность между концентрациями в газовом облаке и твёрдом электроде.

Е. С. Куделя при помощи обескисливания предварительно сильно подогретых или охлаждённых (до температуры жидкого воздуха) электродов выделил влияние диффузии вещества электродов на процесс обескисливания. По его мнению, процесс обескисливания состоит из двух процессов: избирательного окисления в поверхностном слое (работы Л. Н. Филимонова) и диффузии элементов из глубины электрода к поверхностному слою.

В докладе А. В. Козловой, П. Д. Корж и К. З. Финкина было показано, что введение порошка графита для разбавления порошковой пробы нержавеющей хромоникелевой стали и титанов позволяет определять Cr и Mn по одному графику. Порошки получаются на электроискровой установке. А. Н. Ворсин использовал собранный им генератор прямоугольных импульсов для количественного определения иода, брома, хлора и серы. В. П. Борзов и Н. С. Свентицкий для ряда генераторов дуги переменного тока (ПС-39, ДГ-1, с электронным управлением) показали, что повышение воспроизводимости анализа с такими генераторами лимитируется погрешностями фотопластинок. Е. Л. Гринзайд, К. И. Ионова и В. В. Налимов в своих докладах изложили результаты статистической обработки различных источников погрешностей спектрального анализа; особенно большой и интересный статистический материал был представлен в докладе К. И. Ионовой и В. Н. Налимова. Свойства фотографических пластинок типов I, II и III были изложены в докладе А. А. Фришберг. Р. Н. Рубинштейн и Н. Г. Карпель продемонстрировали две номограммы для упрощения расчётов при количественном спектральном анализе: одна — при работе в области нормальных почернений, другая — при работе с полной характеристической кривой.

2. Анализ сталей и чугунов. Обстоятельный обзорный доклад по спектральному анализу сталей и чугунов был сделан Н. В. Буяновым. Этот доклад, составленный на основе опыта многих заводов, предлагает проект ГОСТ для анализа в малолегированных сталях Mn, Si, Cr, Ni, Al, Mo и Ti в дуге переменного тока (ДГ-1) и Si в сталях, Si и Mn в перелых чугунах с искровым возбуждением (генератор ИГ-2) с использованием метода фотометрического интерполирования. А. Г. Комаровский изложил результаты своих работ по экспрессному определению Si, Mn, Cr, Ni, Mo, W, Ti, V, Co, Al, V и Nb в высоколегированных сталях и жаропрочных сплавах с использованием метода фотометрического интерполирования. Три доклада О. И. Никитиной, В. В. Суховаловой и Е. Ф. Никитиной были посвящены различным приёмам определения As в сталях.

Е. С. Куделя и А. С. Демьянчук при использовании вспомогательного магниевого электрода резко снизили влияние углерода воздуха при определении углерода в сплавах и получили возможность определять содержание углерода в железных сплавах, начиная с 0,02%, при использовании высокочастотного и конденсированного электрического разряда.

3. Газы в металлах были предметом трёх докладов. Н. С. Свентицкий изложил результаты работы большой группы исследователей

двух НИИ по разработке метода определения водорода в сталях. Для возбуждения спектра водорода, состоящего из единственной доступной линии H_{α} , был использован импульсный разряд. Необходимо принимать специальные меры для очистки поверхности образца от органических плёнок и адсорбированной влаги. Большие трудности представляет также изготовление эталонов, так как многие сплавы постепенно выделяют водород. А. О. Порцелан использует возбуждение водорода для изучения адсорбционных свойств различных металлов. О. Б. Фалькова доложила разработанную ею методику определения кислорода в стали при возбуждении мощным электрическим разрядом в атмосфере водорода. Используется линия $4641,8 \text{ \AA}$; возможно определение в интервале концентраций $0,005—0,2\%$.

4. Анализ чистых металлов и продуктов их производства был посвящён ряд докладов: В. Ф. Писарев, А. В. Корнилов и З. П. Кострова сообщили об определении Pb, Cu, Sb, Fe и As в черновом олове с генератором ИГ-2. Д. М. Лифищиз доложил о большой работе по спектральному анализу благородных и цветных металлов в рудах и продуктах их переработки, проделанной совместно с большой группой сотрудников: определение примесей в катодной меди разных марок, чистом кобальте с использованием стружки и литых электродов, анализ Au, Pt и Pd в бедных пробах без пробирного обогащения. Об определении Cd, Pb, Cu и Fe в цинке высокой чистоты по методу фотометрического интерполирования смещённых спектров рассказал Б. П. Пашевкин. С. М. Солодовник доложил об определении примесей Pb, Bi, Cu, Ag, Al, As, Zn, Co, Ni, Mn, Sn, Fe и Na в металлической сурьме и сурьме в сурьмяных рудах. Об определении Al, Mg, Mn, Fe, Si, Cu, Sb, Pb, As, Cd, Zn и P в металлическом ванадии в дуге постоянного и переменного тока доложили П. М. Поляков и А. К. Русанов. Спектральный анализ примесей Mg, Si, Cu, P в титане при помощи перевода металлического титана в окись и прессованием с порошком меди был рассмотрен в докладах Ш. Г. Меламед, С. М. Солодовника и М. А. Наткиной.

5. Обзорные доклады осветили работу по спектральному анализу на некоторых заводах и в биологии. А. В. Соколова изложила применение спектрального анализа в лаборатории сталепроволочного завода для анализа тонких стальных проволок до диаметра $0,01 \text{ мм}$. От имени большой группы сотрудников Гинцветмета и Алтайгинцветмета были сообщены результаты работ по спектральному анализу цветных металлов, использованию коротковолновой области спектра и дуги переменного тока с движущимся электродом (Н. А. Аракелян, М. Э. Брицке и др.).

Л. П. Андреева изложила разнообразные применения спектральных методов анализа на Кузнецком металлургическом комбинате: анализ малых концентраций Al, Zr, Ti, Mg и Zn в стали и чугуна, цинка в электролитных ваннах и др. Весьма разнообразные применения стилоскопа и спектрографа на комбинате Североникель изложила О. Ч. Величко. Н. П. Рубина остановилась на опыте работы по спектральному анализу на заводе вторичного алюминия: спектральные методы контроля производства, стандартизация подготовки проб, организация труда лаборантов-спектрокопистов, контроль их работы, условия правильности работы, статистический анализ материалов, опыт совместной работы с химической лабораторией. С большим интересом был выслушан доклад А. О. Войнар по применению эмиссионного спектрального анализа в биологии и в медицине на основе опыта работы большой группы сотрудников; основными вопросами были качественное и количественное определение микроэлементов (общим числом 26) в организме человека и ряда животных, некоторых пищевых продуктов и почв.

6. Обсуждение методов анализа шлаков и цементов было начато обзорным докладом Н. В. Буянова, критически изложившим применяемые в настоящее время разнообразны методы анализа шлаков; основной задачей является разработка такой методики, которая не была бы чувствительной к минералогическому составу шлаков. Последующие доклады развивали положения доклада Н. В. Буянова. Так, О. И. Никитина остановилась на применении метода брикетирования и методе перевода в раствор. Д. М. Шварц и И. С. Нилова для анализа шлаков никелевого производства с успехом применили расплавление окислов и растворение шлаков. Е. Н. Лесникова применила сплавление шлаков с различными плавнями. Доклады Т. К. Массильон и З. А. Кольцевой касались анализа цементного сырья, клинкера и продукции цементных заводов. Анализу магнезитов, магнезитовых огнеупоров и подин основных мартеновских печей были посвящены доклады Г. А. Педан и А. Е. Нощенко. Л. В. Друцкая остановилась на некоторых особенностях определения примесей в глинозёме.

7. Спектральный анализ руд был представлен большим числом докладов. Первым из этой группы был заслушан обстоятельный доклад А. К. Русанова «Изменение температурных условий возбуждения при дуговом анализе руд и минералов», продолжающего серию интересных работ о летучести составляющих пробы, об изменениях температуры в пламени дуги, о связи с ионизационными потенциалами элементов. В этом докладе был предложен интересный, оригинальный приём введения раствора (распылением) в пламя дугового разряда.

В. Недлер в докладе «О влиянии состава проб на точность спектрального анализа руд» показал, что 1) неоднородность пробы не играет существенной роли при достаточном её размельчении и 2) изменение минералогического состава пробы приводит к изменению температуры разряда и изменению физико-химических процессов на электродах. Л. А. Спекторов, И. К. Клавдиевко и А. И. Погуляева рассмотрели влияние некоторых веществ, присутствующих в пробе, на интенсивность линий Mo, In и Ti. Влияние некоторых примесей при определении редкоземельных элементов было предметом доклада Т. Н. Жигаловской; она также отметила, что предельная определяемая концентрация разных элементов повышается (чувствительность определения понижается) с увеличением главного квантового числа n оболочки оптических электронов. И. И. Смоляк предложил примешивать к пробе кальцит для определения присутствия фтора в пробе. Х. И. Зильберштейн существенным образом повысил чувствительность и точность анализа растворов, вводя осадок в поверхностный слой угольного электрода, предварительно пропитанного 3-процентным раствором полистирола в бензоле. А. Н. Бронштейн исследовал влияние различных добавок для повышения чувствительности определения галлия в порошковых пробах. А. М. Шаврин для определения ванадия в рудах при концентрациях от 0,025 до 0,2% пользуется одним эталоном, предварительно установив, что прямолинейный график идёт под углом 45° к осям координат. Некоторые методические приёмы определения щёлочно-земельных элементов из порошков и растворов были изложены в сообщении Т. Ф. Боровик-Романовой, В. В. Королёва, Ю. И. Куценко и М. М. Фарафонов. Комбинированное использование химического и спектрального анализа при определении Fe, Ti, Mg и Ca в огнеупорных глинах было сообщено Ю. А. Шерстковым. Весьма эффективная в использовании методика полук количественного спектрального анализа 40—50 элементов в горных породах, предложенная М. М. Клер, была развита и широко использована практически В. В. Хохловым, В. Н. Протопоповым, Л. И. Денисенко, Е. Я. Смирновой, З. Г. Тимофеевич и М. М. Клер; информацию об этом сделал М. М. Клер. С. С. Шай-

ликов доложил работу по изготовлению исходных эталонов для анализа минерального сырья на 50 элементов. М. Л. Шиллинг сообщил о своей работе по определению олова в горных породах. О. Н. Никитина рассказала о способах спектрального определения Fe, Co, Mn, Ni, Ti и Cr в кварце и высококремнистых материалах. Определению Pb в природных водах был посвящён доклад Э. В. Гусяцкой, и Л. Г. Логиновой. Определение V, Ni, Cr, Cu, Si, Al, Fe, Ca и Mg, в глинах было изложено в докладах двух групп исследователей: Н. В. Астафьев, Р. С. Рубинович, С. А. Яковлева и Э. Е. Вайнштейн. Т. Ф. Боровик-Романова и В. В. Королёв. Применение спектрального анализа в нефтяной геологии с изложением некоторых результатов было освещено в докладах А. А. Гейро и Ф. М. Эфендиева.

8. В числе прочих применений спектрального анализа следует отметить определение толщины оксидных покрытий на деталях из алюминиевых сплавов (В. П. Борзов и Е. В. Ильина) путём введения в поры плёнки специально подобранного наполнителя. Л. С. Евлашин предложил метод определения концентрации олова в комплексном гальваническом покрытии радиаторных трубок М. П. Грщенко и А. Б. Шаевич, а также и З. П. Головченко изложили способ анализа различных электролитных ванн. М. Г. Мальцев и К. И. Таганов сообщили о своих результатах исследований по проведению спектрального анализа металлов и сплавов с контактно-электроискровым отбором пробы. Количественный спектральный анализ примесей в смазочных маслах доложен В. П. Борзовым и Е. В. Ильиной. В докладе К. С. Гаргер, В. Д. Умнова и Г. Д. Кривуля изложены результаты новых наблюдений над спектром бессемеровского пламени в видимой и ближней инфракрасной области спектра с приёмниками, чувствительными для разных областей, и использования этих наблюдений для управления бессемеровской плавкой. Вопросы локального анализа освещены в двух докладах: Н. Г. Исаева—изложение некоторых применений ранее разработанной методики и А. Г. Комаровского—локальный анализ сварных швов высоколегированных сталей и жаропрочных сплавов при помощи специально собранного генератора возбуждения с мощным импульсным разрядом низкого напряжения, высокочастотным разрядом и дуговым разрядом. В. М. Колосова сообщила о некоторых приёмах при спектрофотометрических исследованиях судебно-экспертных объектов, об установлении степени достоверности при таких исследованиях. М. С. Шипилов изложил схему прибора (оксигеометра) для фотоэлектрического непрерывного и бескровного способа определения степени насыщения крови кислородом на живом организме.

С. Э. Фриш.

В. К. Прокофьев