

Н. Р. БАТАРЧУКОВА, А. И. КАРТАШЕВ и М. Ф. РОМАНОВА

## О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ СТАБИЛЬНЫХ ЧЕТНЫХ ИЗОТОПОВ КАДМИЯ ДЛЯ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЕДИНИЦЫ ДЛИНЫ

(Представлено академиком А. А. Лебедевым 21 III 1953)

Развитие в последние годы интерференционных методов измерения длины позволило снова вернуться к вопросу об «естественной» единице длины в виде световой волны.

Для достижения наибольшей возможной точности воспроизведения единицы длины основная спектральная линия, длина волны которой определит длину метра, должна быть простой и обладать шириной, по возможности приближающейся к естественной ширине спектральной линии. Простые линии излучаются четными изотопами или же могут быть выделены из сложных линий методом интерференционной монохроматизации (1). Что же касается сужения спектральной линии, то оно связано, главным образом, с конструкцией источника света, излучающего выбранную спектральную линию.

Атомные исследования последних лет создали методы производства чистых четных стабильных изотопов элементов и тем самым обеспечили метрологов и спектроскопистов простыми излучениями. В настоящее время уже исследован ряд простых излучений. Исследованы все линии спектра изотопа ртути  $Hg^{198}$  (2), линия  $5461 \text{ \AA}$  изотопа ртути  $Hg^{202}$  (3) и многие линии спектров изотопов криптона  $Kr^{84}$  и  $Kr^{86}$  (4). Однако окончательного предпочтения пока еще не получила ни одна из них, и основной спектральной линией при интерференционных измерениях длины и в спектроскопии остается красная линия естественного кадмия, предложенная Майкельсоном еще в 1895 г.

Целью настоящей работы явилось изучение воспроизводимости длин волн красных линий, излучаемых стабильными четными изотопами кадмия ( $Cd^{112}$ ,  $Cd^{114}$  и  $Cd^{116}$ ).

При небольших количествах исследуемого вещества (несколько миллиграмм) наиболее удобным и легко осуществимым в лабораторных условиях источником света является безэлектродная трубка. Светящийся разряд в трубке возбуждается высокой частотой порядка 50—200 Мгц. Такие трубки, обычно содержащие малые количества исследуемого вещества (1—3 мг), заполняются посторонними газами при малых давлениях (0,1—3 мм рт. ст.), для облегчения возбуждения и поддержания разряда в них.

Для проведения исследования нами было изготовлено несколько трубок из молибденового стекла, заполненных  $Cd^{112}$ ,  $Cd^{114}$  и  $Cd^{116}$ , а также одна трубка с естественным кадмием. Трубки давали вполне удовлетворительное по яркости свечение при возбуждении их генератором высокой частоты 60—70 Мгц. В качестве постороннего газа мы добавляли аргон

или водород при давлении 0,1—5 мм рт. ст. Как известно, упругость паров кадмия оказывается достаточной для возбуждения видимого спектра кадмия при температуре около 300° С, поэтому безэлектродная трубка с изотопом кадмия помещалась в специально для этой цели изготовленный нагреватель малых размеров. Контроль за температурой внутри нагревателя позволял полностью избегать явления самообращения в линиях кадмия.

Наиболее распространенным в спектроскопии и метрологии методом исследования монохроматичности спектральных линий и определения их длин волн является метод наблюдения интерференционной картины колец равного наклона при различных разностях хода в интерферометре. Этим методом при фотографической регистрации колец равного наклона, полученных с интерференционным эталоном типа Фабри и Перо со сменными кварцевыми кольцами, толщиной 16, 30, 47, 79 и 100 мм, воспользовались и мы в нашем исследовании.

В интерференционной картине колец равного наклона в излучении четных изотопов кадмия  $Cd^{112}$ ,  $Cd^{114}$  и  $Cd^{116}$  при различных толщинах интерференционного эталона не было обнаружено ни в одной из линий наличия сверхтонкой структуры. На рис. 1 в качестве примера приведена в увеличенном масштабе одна из фотографий интерференционных колец равного наклона для зеленой линии кадмия. *a* соответствует излучению естественного кадмия, *б* — излучению  $Cd^{114}$ . Отсутствие побочных интерференционных максимумов, отвечающих сверхтонкой структуре линии, на фотографии *б* наглядно показывает простоту линии изотопического кадмия.

Для определения длин волн красной линии указанных изотопов кадмия производилось последовательное фотографирование интерференционных спектрограмм от безэлектродных трубок, наполненных изотопами кадмия, и от лампы с накаливаемыми электродами, наполненной естественным кадмием. Красная линия естественного кадмия, излучаемая лампой с накаливаемыми электродами, принималась нами в качестве основной, а длина ее волны в нормальном воздухе равной 6438, 4696 Å.

На 10 полученных интерференционных спектрограммах были произведены измерения диаметров колец равного наклона в свете красной линии изотопического и естественного кадмия. По диаметрам первых 5 колец равного наклона можно было подсчитать дробные части порядка интерференции  $\varepsilon_1$  для линии естественного кадмия и  $\varepsilon_2$  для красной линии отдельных изотопов кадмия. По разностям значений дробных частей порядка интерференции, относящихся к красной линии изотопического и естественного кадмия ( $\Delta\rho = \varepsilon_2 - \varepsilon_1$ ), были вычислены длины волн, соответствующие различным разностям хода интерферирующих пучков.

Таблица 1

Разность хода $2d$ , мм	$\lambda_{кр. \text{ \AA}}$		
	$Cd^{112}$	$Cd^{114}$	$Cd^{116}$
32,958	6438,4695	6438,4671	6438,4662
60,576	4693	4676	4669
93,880	4688	4675	4662
158,060	4692	4678	4664
200,000	4689	4677	—
Средн. взвеш.	6438,4690	6438,4677	6438,4664
Средн. квадр. погр.	$\pm 0,0001_2$	$\pm 0,0000_9$	$\pm 0,0001_4$

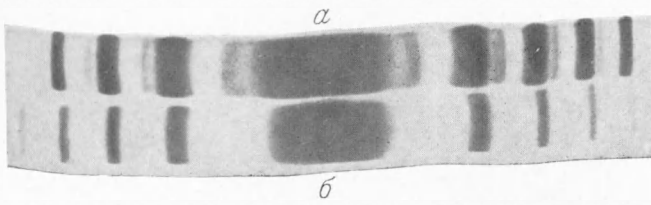


Рис. 1

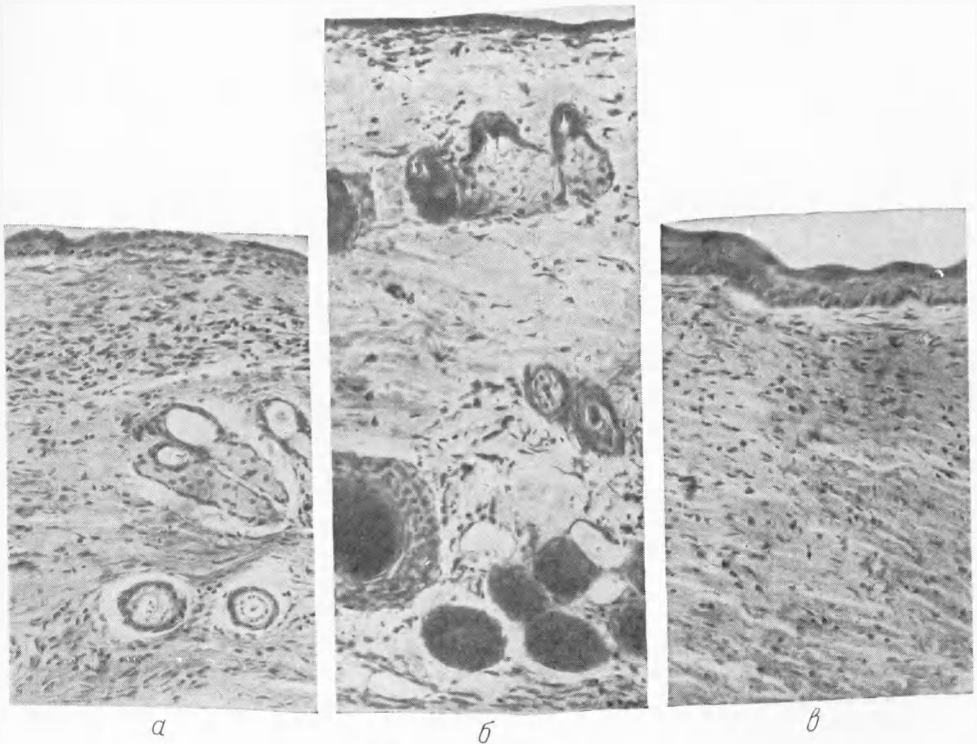


Рис. 1. Микроструктура регенерировавшей кожи крыс (об. 20, ок. 7). а — контроль, б — тиреоидин, в — метилтиоурацил

В табл. 1 приведены значения длин волн красной линии изотопов кадмия при различных разностях хода в интерферометре, среднее взвешенное значение длин волн и средние квадратичные погрешности среднего взвешенного.

При вычислении среднего взвешенного значения длин волн мы полагаем веса пропорциональными разности хода, так как относительная погрешность в определении длин волн уменьшается с увеличением разности хода. Необходимо отметить, что значение длины волны красной линии для изотопа  $Cd^{114}$  получено на основании усреднения значений длин волн для трех трубок. Величина квадратичной погрешности среднего взвешенного говорит нам о точности воспроизведения длины волны. Указанная высокая точность определения длины волны была получена при сравнительно небольшом числе наблюдений (5—15).

Результаты сравнения длин волн красных линий изотопов с длиной волны красной линии естественного кадмия можно представить графически, если по горизонтальной оси отложить назначения разностей хода  $2d$  в мм, а по вертикальной — разности дробных частей чисел и полувольт, укладываемых в длине эталона для изотопов и естественного кадмия. При сравнении простых линий упомянутые разности дробных частей пропорциональны разностям хода и отвечающие им точки, как

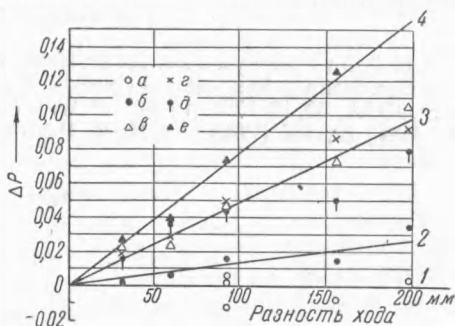


Рис. 2. 1 —  $6438,4696 \text{ \AA}$ ; 2 —  $\lambda_{\text{кр}} Cd^{112} = 6438,4690 \text{ \AA}$ ; 3 —  $\lambda_{\text{кр}} Cd^{114} = 6438,4677 \text{ \AA}$ ; 4 —  $\lambda_{\text{кр}} Cd^{116} = 6438,4664 \text{ \AA}$ ; а — лампа № 1, Cd смесь; б — лампа № 10,  $Cd^{112}$ ; в — лампа № 3,  $Cd^{114}$ ; г — лампа № 5,  $Cd^{114}$ ; д — лампа № 6,  $Cd^{114}$ ; е — лампа № 9,  $Cd^{116}$

видно из рис. 2, в пределах погрешности наблюдений ложатся вдоль прямых. Точки, относящиеся к излучениям различных изотопов, располагаются вдоль прямых, наклоненных под разными углами к горизонтальной оси в то время как точки, относящиеся к излучению трубки, заполненной естественным кадмием, располагаются по горизонтальной оси. Это доказывает наличие смещения длин волн красной линии изотопического кадмия, с одной стороны, и совпадение центров тяжести красной линии естественного кадмия в безэлектродном разряде и в лампе с накаливаемыми электродами, с другой. Наблюдаемые смещения длин волн действительно являются изотопическими смещениями, а не вызываются условиями возбуждения красной линии в безэлектродном разряде. Как видно из рис. 2, наибольшее смещение длины волны в фиолетовую сторону соответствует наиболее тяжелому изотопу  $Cd^{116}$ , а наименьшее — наиболее легкому  $Cd^{112}$ . Каждый из исследованных трех четных изотопов кадмия отличается по массе на две единицы ( $Cd^{112} - Cd^{114} - Cd^{116}$ ), и компоненты красной линии, соответствующие этим изотопам, располагаются эквидистантно на расстоянии  $0,0013 \text{ \AA}$  друг от друга. Наблюдаемые нами изотопические смещения еще раз подтверждают существование сверхтонкой структуры красной линии естественного кадмия (5).

Для изотопа  $Cd^{114}$  нами было изготовлено несколько трубок с различными давлениями постороннего газа. Исследование излучения этих трубок показало, что смещение максимума красной линии с давлением в сторону длинных волн несомненно имеет место, но величина этого смещения не превышает  $0,0001 \text{ \AA}$  на 1 мм рт. ст.

При практических интерференционных измерениях длины спектр четных изотопов кадмия с его широко расставленными и легко разрешаемыми линиями удобен для отыскания порядка интерференции методом

совпадения дробных частей. Поэтому исследованный нами источник света с простыми кадмиевыми линиями может быть с успехом применен к практике интерференционных измерений длины.

На основании проделанной работы мы считаем возможным предложить красную линию кадмия, излучаемую любым из трех изотопов  $Cd^{112}$ ,  $Cd^{114}$  или  $Cd^{116}$ , в качестве основной спектральной линии, причем мы останавливаем свой выбор на  $Cd^{114}$ .

Поступило  
13 III 1953

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Н. Р. Батарчукова, Тр. ВНИИМ, 7 (67), 41 (1949). <sup>2</sup> W. Meggers, F. Westfall, Bur. Stand. J. Res., 44, 447 (1950). <sup>3</sup> I. Rand, McNally, I. Griffin, L. Burkhardt, JOSA, 39, 12, 1036 (1949). <sup>4</sup> W. Köster, M. Engelhard, Proc. Verb. Com. Int. Pds. Mes., 22, 137 (1950). <sup>5</sup> М. Ф. Романова, А. А. Ферхмин, ДАН, № 2, 55 (1933).