

K_{β} . Это подтверждает, что линии, полученные на спектре чистого образца, являются $K_{\alpha 1}$, $K_{\alpha 2}$, $K_{\beta 1}$, $K_{\beta 2}$ -линиями элемента 61.

Измерение длин волн дало значения, указанные во второй колонке таблицы. В третьей колонке приведены длины волн, рассчитанные следующим образом: были вычислены константы экранирования для элементов 58, 59, 60, 62, 63, 64 и графически определена величина константы экранирования для элемента 61, а затем и длины волн. Эти величины находятся в хорошем согласии с результатами измерений. В последней колонке приведены значения длин волн линий других элементов, наиболее близких к линиям элемента 61, с тем, чтобы показать, что они отличаются на величины, значительно превышающие возможные ошибки в определении длин волн, и таким образом ни одна из линий K -спектра элемента 61 не может быть спутана с какой-нибудь линией возможной примеси других редкоземельных элементов.

В. Лешковцев.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. G. T. Seaborg and I. Perlman, Rev. Mod. Phys. 20, № 4 (1948).
2. L. E. Burkhart, W. F. Peed, E. J. Spitzer, Phys. Rev. 75, 86 (1949).

ФОТО- И СПЕКТРОГРАФИРОВАНИЕ НОЧНОГО НЕБА В ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Общеизвестно, что область чувствительности фотографических эмульсий простирается в инфракрасную область спектра сравнительно недалеко — в лучших случаях до 11 000 Å. При этом даже в максимуме чувствительность к инфракрасным лучам очень низка, едва достигая чувствительности диапозитивных пластинок в видимой области спектра. Тем самым полностью исключается возможность применения фотопластинок в случае фотографиярования, а тем более спектрографиярования, слабых инфракрасных излучений, таких например, как свечение ночного неба.

Современные фотоэлементы (а также фотоэлектронные умножители) обладают в инфракрасной области спектра значительно более высокой чувствительностью, делающей их пригодными для измерения столь слабых световых потоков, причём доступная для измерения область спектра простирается в сторону длинных волн несколько дальше, чем у фотографических эмульсий, примерно до 12 000 Å. Однако с помощью фотоэлементов можно измерять только значения полного потока лучистой энергии, падающего на фоточувствительный слой. Поэтому исследование целого спектра или фотометрическое изучение протяжённого объекта (скажем, области неба) представляет собой весьма кропотливую и трудоёмкую работу, не говоря уже о возможности изменений самого измеряемого объекта в течение времени, необходимого для измерений.

Кроме того, в обычных схемах фотоэлемент, в отличие от фотографической эмульсии, регистрирует не количество упавшей на него лучистой энергии, а мгновенное значение её интенсивности, что лишает его одного из основных достоинств фотографической эмульсии — возможности значительного увеличения чувствительности путём увеличения времени экспозиции. Этот недостаток легко может быть устранён применением специальных интегрирующих схем, что, однако, увеличивая время, необходимое для одного измерения, вносит новые серьёзные осложнения

при исследовании протяжённых объектов. Наконец, фотоэлектрические методы измерений лишены документальности, присущей методам фотографическим.

Всё сказанное делает весьма привлекательной идею сочетать достоинства фотоэлементов с преимуществами фотографической эмульсии. Это оказывается возможным, используя в качестве приёмника света электронно-оптический преобразователь изображений в соединении с фотографической пластинкой.

С принципиальной стороны схема применения электронно-оптического преобразователя изображений крайне проста¹ (рис. 1). Оптическое изображение (скажем, спектр или изображение предмета) проектируется на полупрозрачный фоточувствительный катод. Фотоэлектроны, вылетающие из этого катода, ускоряются электрическим полем и попадают на прозрачный флуоресцирующий экран, образуя на нём видимое изображение, с большей или меньшей степенью точности воспроизводящее изображение, спроектированное на катод. (Вместо ускоряющего поля может быть применена и более совершенная электронно-оптическая система.) Поскольку спектральный состав свечения экрана не зависит от спектрального состава излучения, упавшего на катод, он может быть подобран так, чтобы свечение экрана было бы возможно более активным для фотографической эмульсии. Фотография изображения получается путём прямой контактной печати с флуоресцирующего экрана. Фотометрическая обработка полученного негатива производится затем обычными для фотографической фотометрии методами, с дополнительным учётом спектральной чувствительности фотокатода.

Следует отметить, что наряду с отмеченными уже выше достоинствами, обусловленными сочетанием фотоэлектрического и фотографического методов, а так же отсутствием необходимости в усилителях, описанная схема позволяет повысить порог чувствительности за счёт относительного уменьшения фона, создаваемого термоэлектронами, а так же за счёт того, что квантовый выход экрана может быть сделан больше квантового выхода воспринимающего фотокатода¹.

Таким образом, применяя электронно-оптический преобразователь с фотопластинкой, мы получаем возможность во много раз повысить чувствительность воспринимающей системы (т. е., в конечном счёте, фотопластинки) к инфракрасному излучению. Это открывает совершенно новые возможности для исследования слабых инфракрасных излучений, в том числе для спектроскопии.

Реферируемые работы^{2,3} являются, поскольку нам известно, первой серьёзной попыткой применить описанное устройство в научных целях и блестяще иллюстрируют широкие возможности этого метода.

Инфракрасное излучение ночного неба впервые было открыто в 1939 г. Л. А. Кубецким⁴ с помощью фотоэлектронного умножителя. В том же 1939 г. Слайфер⁵ фотографическим путём обнаружил в спектре ночного неба излучение с длиной волны $\lambda = 8600 \text{ \AA}$. В 1944–1945 гг. Стеббинс, Уайтфорд и Свингс⁶, с помощью фотоэлементов с набором светофильтров, обнаружили крайне интенсивное излучение с длиной волны около $10\,440 \text{ \AA}$. Наконец, в 1948 г. С. Ф. Родионов и Е. Н. Павлова⁷, используя

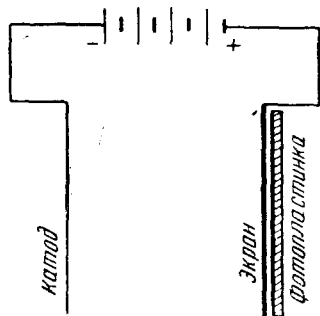


Рис. 1. Схема использования электронно-оптического преобразователя с фотопластинкой.

фотоэлектронный умножитель с набором светофильтров, подтвердили наличие в спектре свечения ночного неба линий с длинами волн, близкими к $\lambda = 8600$ и $\lambda = 10\,440$ Å, а также получили указание на возможность существования линии с $\lambda = 9100$ Å.

При этом оказалось, что интенсивность свечения ночного неба в инфракрасной области спектра претерпевает в течение ночи характерные изменения, а именно, имеет резко выраженный максимум около местной полудночи⁷ (см. также⁸). Напомним, что аналогичный максимум, но только около 1 часа ночи, имеет интенсивность зелёной линии свечения ночного неба⁹.

Интенсивное инфракрасное излучение атмосферы представляет интерес не только потому, что оно явится серьёзной помехой для ряда астрофизических исследований, но и, главным образом, потому, что оно тесно связано с проблемой строения верхних слоёв атмосферы (см.^{4,8}). Тем больший интерес представляют спектры свечения ночного неба в инфракрасной области спектра, впервые полученные В. И. Красовским с помощью электронно-оптического преобразователя с фотопластинкой. Автор использовал преобразователь с оксидно-сурмяно-цезиевым катодом, обладающим чувствительностью до $12\,000$ Å.

Дисперсия спектрографа, на котором были получены спектры, составляла при $\lambda \sim 1 \mu 7000$ Å/мм.

В течение 1948 г. был получен ряд спектров как под Москвой, так и на Крымской астрофизической обсерватории.

Репродукция одного из них приводится автором (рис. 2). (В верхней части — спектр ночного неба, в нижней — спектр свечения гелия.) Отчётливо видны линии (или полосы?) около $10\,400$ и 8600 Å.

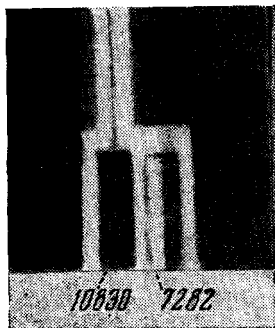


Рис. 2. Инфракрасный спектр ночного неба (вверху) и гелия (внизу).

Автор отмечает, что на негативе можно заметить линии 6300 и 5577 Å, а также ещё одну инфракрасную линию. (В² дважды, вероятно ошибочно, указывается для неё длина волны «около $\lambda = 8600$ Å», т. е. совпадающая с длиной волны одной из ярких линий.) Кроме того, регулярно наблюдается непрерывный спектр.

Распределение энергии по спектру менялось от снимка к снимку. На одном из снимков энергетическая освещённость в максимуме линии $10\,400$ Å оказалась в пять раз большей, чем для линии 8600 Å, в удовлетворительном согласии с данными Родионова и Павловой⁷ (в 2—4 раза, см.⁸).

По измерениям автора яркость инфракрасного свечения ночного неба у горизонта выше, чем в зените, что характерно для свечения верхних слоёв атмосферы.

Точных значений длин волн и интенсивностей наблюденных линий, представляющих основной интерес с точки зрения проблемы атмосферного азота⁴, автор не приводит. Однако нет сомнений, что дальнейшее применение описанного метода позволит в ближайшем же будущем произвести тщательные промеры спектра инфракрасного излучения ночного неба. Во всяком случае перед нами впервые открывается возможность детального спектроскопического исследования слабых излучений в этой области спектра.

Вторая из реферируемых работ посвящена фотографированию в инфракрасных лучах области неба в направлении на центр Галактики. Хорошо известно, что центр Галактики скрыт от нас поглощающим слоем тёмной

материи, и только южнее галактического центра, через просветы, наблюдается яркое звёздное облако. Астрономические данные свидетельствуют в пользу того, что это звёздное облако является внешней частью галактического ядра. Поскольку размеры ядра Галактики могут служить её существенной космологической характеристикой, представляется важным исследование всей области галактического центра. Такое исследование может быть осуществлено в инфракрасных лучах, где поглощение света тёмной материей должно быть значительно меньше. Стеббинс и Уайтфорд¹⁰, исследовавшие эту область на 60- и 100-дюймовом рефлекторах обсерватории Маунт-Вильсон с помощью фотоэлемента со светофильтром (максимум чувствительности около $1,03 \mu$), действительно выявили наличие «светового тела», не наблюдаемого в видимых лучах. Однако их измерения, крайне грубые и охватившие только малую область неба, не могли дать полного представления о всём районе галактического ядра.

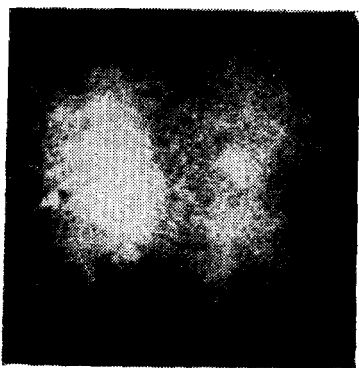


Рис. 3. Фотография области галактического центра, полученная в инфракрасных лучах с электронно-оптическим преобразователем. (Слева расположено известное яркое звёздное облако в созвездии Стрельца.)

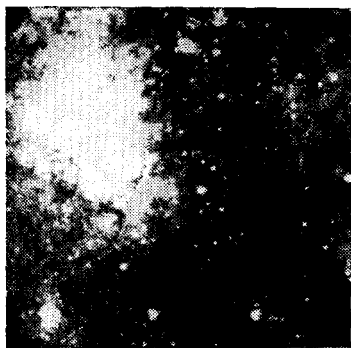


Рис. 4. Обычная фотография той же области, что и на рис. 3, в видимых лучах.

А. А. Калиняк, В. И. Красовский и В. Б. Никонов³, с помощью электронно-оптического преобразователя с фотопластинкой и соответствующим светофильтром получили мелкомасштабную фотографию интересующего района в инфракрасных лучах с длиной волны порядка $0,97 \mu$. Использование более длинноволновой радиации представлялось нецелесообразным ввиду интенсивного свечения ночного неба в спектральной области, близкой к $1,04 \mu$ (см. выше).

Светосильная фотокамера создавала на экране преобразователя изображение площадью свыше 200 квадратных градусов в масштабе $0,5 \text{ мм}^2$ на 1 квадратный градус. Наблюдения велись на Крымской астрофизической обсерватории (Симеиз). Экспозиции составляли 20—40 минут.

На рис. 3 приведена одна из полученных авторами фотографий. Для сравнения авторы приводят снимок, полученный с обычной фотокамерой в видимых лучах (рис. 4). Масштабы снимков одинаковы. В инфракрасных лучах отчётливо выявляется «световое тело», не обнаруживаемое в види-

мой области спектра (и только частично совпадающее с выявленным Стеббинсом и Уайтфордом). Авторы провели фотометрическую обработку двух фотографий, на основании которой оказалось возможным сформулировать ряд заключений, носящих предварительный характер. В частности, авторы смогли оценить размеры галактического ядра. По их данным угловой размер галактического ядра превосходит $9''$, что соответствует линейным размерам порядка 1200 парсек.

Несомненно, продолжение аналогичных исследований, как мелкошабных, так и крупномасштабных, с использованием совершенной астрономической оптики, позволит значительно продвинуться в ряде отраслей астрофизики и астрономии.

Обе реферируемые работы носят, конечно, предварительный характер. Однако они убедительно показывают, насколько плодотворными оказываются разработанные авторами применения описанного выше принципа сочетания электрооптического преобразователя изображений с фотографической пластинкой. Не подлежит сомнению, что этот принцип найдет себе самое широкое применение не только в астрофизических и геофизических исследованиях, где основным экспериментальным затруднением, которое приходится преодолевать, является слабость измеряемых световых потоков, но и в практике инфракрасной спектроскопии в лабораторных условиях.

Г. Розенберг.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. С. Хлебников, УФН **29**, 201 (1946).
2. В. И. Красовский, ДАН **66**, 53 (1949).
3. А. А. Калиняк, В. И. Красовский и В. Б. Никонов, ДАН **66**, 25 (1949).
4. И. А. Хвостиков, УФН **33**, 570 (1947).
5. V. M. Slipher, Monthly Not. Roy. Ast. Soc. **93**, 666 (1939).
6. J. Stebbins, A. E. Whitford and P. Swings, Phys. Rev. **66**, 225 (1944); Astrophys. Journ. **101**, 39 (1945).
7. С. Ф. Родионов и Е. Н. Павлова, ДАН **65**, 831 (1949).
8. М. В. Шишкина, Реферат в этом же выпуске УФН.
9. И. А. Хвостиков, Свечение ночного неба, Из-во АН СССР (1947). См. также С. Ф. Родионов, Е. Н. Павлова и Е. В. Рдултовская, ДАН **66**, 55 (1949).
10. J. Stebbins and A. Whitford, Astrophys. Journ. **106**, 235 (1947).

ОБ ИНФРАКРАСНОМ ИЗЛУЧЕНИИ НОЧНОГО НЕБА

Одной из центральных проблем современной физики высоких слоев атмосферы является проблема атомного азота (см. ²). С ней непосредственно связан вопрос об инфракрасном излучении ночного неба.

Дело в том, что открытая в 1944 г. весьма интенсивная инфракрасная линия около $10\,440\text{ Å}$ может быть приписана либо атомному азоту (запрещенный переход $2P_{1/2} - 2D_{3/2}$, $\lambda_1 = 1039,8\text{ мμ}$ и $\lambda_2 = 1040,7\text{ мμ}$), либо электронному переходу в молекуле азота ($B^2\Pi_{v=0} \rightarrow A^2\Sigma_{v=0}$, $\lambda = 1043\text{ мμ}$).

Выяснению природы инфракрасного свечения и посвящена реферируемая работа¹. Авторы применяли фотометр с фотоэлектронным умножителем, выделяя нужные им области спектра в диапазоне $8000\text{--}11\,000\text{ Å}$ с помощью сменных светофильтров. Использовались четыре светофильтра с эффективными длинами волн (учитывая спектральную чувствительность фотоумножителя) около 1000, 970, 950 и 830 мμ.