

В. М. УВАРОВА, М. Р. ШПОЛЬСКИЙ, А. Н. ОШУРКОВА
ДЖУЛЬЕТТА ОГАНЕСЯН, Н. В. УВАРОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛЕНКИ УФС-4, ИСПОЛЬЗОВАННОЙ В АППАРАТУРЕ „ОРИОН“

В настоящее время фотографические материалы, чувствительные к коротковолновому ультрафиолетовому излучению, широко применяются в различных областях науки и техники.

В Госниихимфотопроекте разработан ряд фотоматериалов для регистрации всего коротковолнового диапазона спектра, короче 3000 А, включая область мягкого рентгеновского излучения [1—3]. Эти фотоматериалы успешно использовались в ракетных экспериментах по изучению ультрафиолетового и мягкого рентгеновского излучения Солнца [4—6].

Фотографические характеристики пленки УФС-4. В спектральной астрофизической аппаратуре „Орион“, предназначенной для исследования коротковолнового излучения звезд, использовалась фотопленка УФС-4. Эта пленка обладает достаточно хорошей чувствительностью в интервале длин волн 4000—1800 А и высокой разрешающей способностью ($R = 130 \text{ лин./мм}$ в видимой области спектра). Здесь следует указать, что в ультрафиолетовой области спектра разрешающая способность пленки гораздо выше и обусловлена тем, что ультрафиолетовое излучение очень интенсивно поглощается фотослоем, а отражение от микрокристаллов галогенида серебра очень мало (не более $10\text{--}15\%$).

Фотопленка УФС-4 обладает высокой концентрацией галогенида серебра в слое. Кроме того, часть желатины в фотослое заменена другими веществами для улучшения физико-механических свойств фотослоя. Последнее обстоятельство необходимо для фотоматериалов, работающих в глубоком вакууме: фотослой должен выдержать пребывание и перемотку при вакууме порядка 10^{-9} мм ртутного столба без нарушения целостности эмульсионного слоя. В аппаратуре „Орион“ была использована пленка УФС-4 (эмульсия № 59) шириной 16 мм на триацетатной основе.

Абсолютная чувствительность пленки УФШ-4 в области длин волн 4400—2500 Å была определена в ГОИ на спектросенситометре ФСР-9. В спектральном интервале 4000—2500; Å она [практически постоянна и составляет 0,3 эрг/см² при плотности почернения $D = 1,0$ и 0,06—0,08 эрг/см² при $D = 0,3$. На электронном микроскопе ЭМ-7 с применением метода угольных реплик был измерен средний размер эмульсионных микрокристаллов ($d \approx 0,7$ мкм) и определена плотность упаковки микрокристаллов на единице поверхности эмульсионного слоя. Она составила $\sim 2,5 \cdot 10^{10}$ микрокристаллов на 1 см². По этим данным можно определить среднюю квантовую чувствительность единичного микрокристалла n_{mk} из соотношения

$$n_{mk} = 6 \cdot 10^{11} \frac{H_s}{h\nu \cdot N},$$

где H_s — экспозиция в эрг/см²;

$h\nu$ — энергия кванта в электрон-вольтах;

N — число микрокристаллов на 1 см² поверхности фотослоя.

Фотопленка УФШ-4 во время длительного пребывания в аппаратуре „Орион“ могла подвергаться облучению заряженными частицами и γ -излучением. В связи с этим предварительно было определено влияние излучения на сенситометрические характеристики фотопленки УФШ-4. Образцы пленки облучались различными дозами гамма-излучения от источника Co^{60} , после чего экспонировались на спектрографе ИСП-22 (источник [излучения — ртутнокварцевая лампа ПРК-2). Фотообработка пленки производилась в проявителе Д-19 при 20°C в течение 5 мин. Найденные в результате измерений сенситометрические характеристики пленок приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики фотосвойств пленки УФШ-4

Фотографические характеристики	Дозы в радах								
	0	0.3	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	5.0
$S_{\lambda} = 2400$ Å отн. ед.	5.8	5.5	5.5	5.5	5.5	6.0	6.0	6.0	—
γ	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	—
D_0	0.09	0.14	0.16	0.22	0.28	0.34	0.42	0.54	0.92

Как следует из данных табл. 1, чувствительность фотослоя и коэффициент контрастности остаются практически неизменными, несмотря на увеличение дозы облучения от 0,3 до 3 рада. На образце пленки, облученной суммарной дозой в 5 рада, измерить S и γ не удалось из-за сильной фоновой вуали.

Радиационная стойкость пленки УФШ-4 обусловлена, по-видимому, двумя следующими факторами:

1. Фоновая вуаль распределена по всей толщине эмульсионного слоя, тогда как изображение при действии ультрафиолетового излучения образуется только в одном-двух элементарных слоях микрокристаллов.

2. Эмульсионный слой пленки УФШ-4 содержит значительно большее количество микрокристаллов, чем обычные фотоматериалы, поэтому выбывание в состав фона части эмульсионных микрокристаллов практически не сказывается на чувствительности фотослоя.

Фотографическая обработка пленки УФШ-4, экспонированной в аппаратуре „Орион“. Предварительный осмотр штатных пленок, находившихся в течение двух месяцев в „Орионе“, т. е. в условиях глубокого вакуума, показал, что эмульсионный слой не имел повреждений и не отслаивался от основы. Не были обнаружены также механические повреждения в перфорационных отверстиях после перемотки в условиях эксперимента. С целью установления плотности фоновой вуали, образовавшейся в результате воздействия ионизирующей радиации, были проведены испытания неэкспонированных отрезков штатной пленки. Одновременно проводились испытания пленки УФШ-4 архивного хранения.

Образцы пленок (штатной и архивной) обрабатывались в проявителе Д-19 в течение различного времени. Температура проявителя 20°С. Ниже, в табл. 2, приведены полученные данные о плотности вуали на пленке УФШ-4 (эмульсия № 59).

Таблица 2

Продолжительность проявления в мин	Архивная пленка	Штатная пленка
	D_0	$D_0 + D_f$
3	0.09	0.80
4	0.10	0.92
6	0.12	1.18
8	0.15	1.45

Как следует из данных, приведенных в табл. 2, штатная пленка имеет весьма высокую вуаль, порядка 0,9—1. Тот факт, что вуаль на пленке архивного хранения осталась практически неизменной, дает возможность заключить, что вуаль на штатной пленке обусловлена фоновым излучением.

Сопоставление данных, приведенных в табл. 1 и 2, свидетельствует о том, что штатные пленки были облучены суммарной дозой порядка 5 рад. В связи с этим возник вопрос о снижении плотности вуали на штатных пленках, возможно, без изменения чувствительности фотослоя.

Уменьшение плотности вуали можно осуществить двумя способами: сокращением продолжительности проявления и введением в проявитель Д-19 антивуалирующего вещества — бензотриазола.

Сокращение времени проявления до 3 минут привело к некоторому уменьшению плотности вуали (от 0,92 до 0,8) без падения чувствительности фотопленки. Значительно более эффективно снижает фоновую вуаль бензотриазол, введенный в проявитель Д-19. Однако при этом происходит некоторое уменьшение чувствительности фотослоя (~ на 30%).

В табл. 3 приведены полученные данные — зависимость фотографических характеристик пленки УФС-4 от условий фотографической обработки.

Таблица 3

Проявитель	Время проявл. в мин	Архивная пленка			Штатная пленка		
		D_0	$S_{0.3}$ отн. ед.	γ	D_0	$S_{0.3}$ отн. ед.	γ
Д-19	2	0.1	4.0	1.5	—	—	—
	3	0.1	6.0	1.5	0.9	—	—
	4	0.1	6.0	1.8	1.0	6.0	2.5
Д-19 + 15 мл бензотриазола	4	—	—	—	0.8	4.5	1.6
Д-19 + 30 мл бензотриазола	4	—	—	—	0.4	1.0	0.8

В связи с тем, что не были известны абсолютные потоки излучения от регистрируемых небесных источников, штатная фотопленка УФС-4 проявлялась в стандартном проявителе Д-19 в течение трех минут при 20°C и без примеси бензотриазола.

На основе вышеизложенного можно сделать следующее заключение:

1. Фотопленка УФС-4 выдержала пребывание и перемотку в условиях открытого Космоса в течение двух месяцев в спектральной аппаратуре „Орион“ без заметного изменения физико-механических характеристик слоя.

2. Несмотря на наличие сильного фона от ионизирующего излучения, чувствительность фотопленки к ультрафиолетовому излучению осталась практически неизменной.

3. В последующих экспериментах с пленками для регистрации ультрафиолетового излучения, когда они одновременно подвергаются облучению ионизирующей радиацией, можно рекомендовать использование проявителя Д-19 с введением в него бензотриазола для уменьшения плотности фона. Однако в этом случае вопрос об измерениях самих

негативов остается открытым до тех пор, пока не будет разработана методика фотометрирования пленок с искусственно подавленным фоном.

Авторы выражают благодарность Г. Н. Савальской, С. И. Уколову, Е. А. Малькову и В. Н. Сундуковой, принимавших участие в изготовлении, испытании и обработке штатных образцов фотопленки УФС-4.

Վ. Մ. ՈՒՎԱՐՈՎԱ, Մ. Ռ. ՇՊՈԼՍԿԻ, Ա. Ն. ՕՇՈՒՐԿՈՎԱ,
ԶՈՒԼԵՏԱ ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ն. Վ. ՈՒՎԱՐՈՎԱ

«ՕՐԻՈՆՈՒՄ» ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ՄՓՄ-4 ԺԱՊԱՎԵՆԻ ԼՈՒՍԱՆԿԱՐՉԱԿԱՆ
ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Առանձին աստղերի կարճալիք սպեկտրոգրամները ուղեծրային «Օրիոն» աստղադիտարանի միջոցով ստանալու նպատակով օգտագործվել է ՄՓՄ-4 լուսազգայուն ժապավենը, որը ունի բավական լավ զգայնություն սպեկտրի 1800—4000 անգստրեմ հատվածում և բարձր անջատող ուժ։ Ապացուցվել է այդ ժապավենի օգտագործման հնարավորությունը տիեզերական տարածության մեջ ավելի քան երկու ամիս մնալուց հետո։ Չնայած առաջացած բավական թանձր ֆոնին, հիշյալ ժամանակամիջոցում ժապավենի զգայնությունը գրեթե չի փոխվել։ Չեն նկատվել նաև շատ թե քիչ նկատելի փոփոխություններ ժապավենի ֆիզիկո-մեխանիկական հատկությունների մեջ։

V. M. UVAROVA, M. P. SHPOLSKIY, A. N. OSHURKOVA,
JOULETTA OHANESYAN, N. V. UVAROVA

AN INVESTIGATION OF THE PHOTOGRAPHIC
CHARACTERISTICS OF THE FILM UFSH-4 USED
IN THE „ORION“ EQUIPMENT

S u m m a r y

To get the spectrograms of particular stars with the help of the orbital observatory „Orion“ an adequately sensitive film of the UFSH-4 type, with high resolution capacity, has been used in the interval of wavelengths 4000—1800 Å. The possibility of prolonged orbiting of this film in the conditions of outer space (over two months) has been proved. The sensitivity of this film has practically remained unchanged over the past period despite the heavy foginess formed (with a density of about 0.8—0.9). No any appreciable changes in the physico-mechanical characteristics of the emulsion layer of the above film have been discovered.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В. М. Уварова, М. Р. Шпольский и др., Изв. АН СССР, сер. физ., 26, 967, 1962.
2. В. М. Уварова, М. Р. Шпольский, ЖН и ПФ я К, 9, 286, 1963.
3. В. М. Уварова, А. Н. Ошуркова, М. Р. Шпольский и др., Ж. прикл. спектр. 2, 475, 1965.
4. И. А. Житник, В. В. Крутов и др., Космич. исслед., 2, 920, 1964.
5. Г. А. Гурзядян, ДАН Арм.ССР, 43, 28, 1966.
6. В. А. Иозенас, В. А. Краснопольский и др., Физика атмосферы и океана, 5, 149, 1960.