

КОЛОРИМЕТРИЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ НИЗЬКОПЕРИГЕЙНИХ ШНТ В УЖГОРОДІ НА ПРОТЯЗІ 1992-1996 РОКІВ. КАТАЛОГ І ПОПЕРЕДНЯ КЛАСИФІКАЦІЯ

**М.В. Братійчук, А.Б. Гвардіонов, Я.М. Мотрунич,
О.А. Міхнов, І.Ф. Найбауер, Т.В. Ужва**

Ужгородський державний університет, 294000, Ужгород, вул.Волошина,54

Зроблена попередня класифікація кривих блиску різних штучних об'єктів отриманих на двоколірному електрофотометрі на протязі 1992 - 1996 років. Основні результати представлені в таблиці та шістьнадцяти рисунках.

Останнім часом приділяється велика увага розв'язку оберненої задачі по кривих блиску штучних об'єктів. Мета - визначення форми об'єкта, дослідження характеру взаємодії із космічним простором та його поведінки на орбіті. Однак, вже перші спроби розв'язку таких задач [1,2] показали, що необхідно збільшувати об'єм експериментальної інформації. В першу чергу необхідно отримати синхронно криві блиску хоча б у двох фільтрах. Крім того, частково можна отримати відповідь, детально аналізуючи характер кривої. Тому вже перші наші роботи показали, що важливим етапом розв'язку є класифікація кривих блиску. Перша спроба класифікації приведена в роботі [3].

Приємно відмітити, що колективи вчених які працюють в цій галузі, останнім часом, як видно з робіт [4,5] починають з каталогів і класифікації.

З 1989 року, після введення в дію колориметра, в ЛКД УжДУ проводиться двоколірна електрофотометрія ШНТ в смугах В, V ($\lambda_{ef,B} = 433.7\text{нм}$, $\Delta\lambda_B = 87.5\text{нм}$, $\lambda_{ef,V} = 550.4\text{нм}$, $\Delta\lambda_V = 75.0\text{нм}$) [6]. Колориметр, створений на базі діючого імпульсного електрофотометра, вимірює блиск яскравих ($2^m - 3^m$) нерухомих об'єктів з похибкою $\sim 0.03^m$, слабких ($8^m - 9^m$) - $\sim 0.10^m$. Похибки вимірювань

блиску ШНТ, які суттєво залежать від загального рівня фону неба, орієнтації траєкторії супутника, яскравості об'єкта, децю гірші. Як показано в роботі [6], максимальні величини цих похибок змінюються від 0.01^m до 0.29^m в смузі В і від 0.01^m до 0.26^m в смузі V.

Для математичної обробки результатів спостережень ШНТ були складені програми спочатку для ЕС ЕОМ, а потім для персональних комп'ютерів. На першому етапі обробки, використовуючи запис зірок NPS, розраховується видима зоряна величина супутника. При цьому проводиться перевірка роботи електрофотометра на лінійність, а також фільтрація фонового сигналу, записаного по траєкторії супутника.

На другому етапі враховуються поправки за екстинкцію, за зміну віддалі спостерігач - об'єкт та за альbedo, тобто за підсвітку супутника розсіяним поверхнею Землі світлом. Методика розрахунку поправок описана в роботі [7].

На протязі роботи програми обробки удосконалювались. Так, в програмі стандартизації була проведена заміна методу найменших квадратів на метод інтерполяції Ньютона, який дозволяє підвищити точність представлення координат супутника на момент спостережень. Це дозволило підвищити точність обробки на $0.05^m - 0.15^m$.

Коефіцієнти екстинкції (K_B, K_V) на кожну ніч визначалися по спостереженнях зірок, з використанням методу розв'язку надлишкової системи рівнянь Бугера.

Оскільки у відбитому від супутника світлі в більшості випадків є і дифузна складова, то крива блиску спотворюється також і фазовою залежністю. Тому, на третьому етапі обробки, підраховуються фазові кути супутника на кожну точку кривої блиску, які необхідні для визначення поправки за фазу. Крім того, при наявності дзеркальної складової, на кривій блиску з'являються характерні "спалахи", по яких розраховуються напрямки нормалей до відбиваючих поверхонь.

Після обробки кривих блиску була проведена їх класифікація. При цьому була використана класифікаційна система, розроблена в роботі [3]. Приводимо ознаки виділених по цій системі класів кривих блиску:

- Клас 1:* повільні незначні зміни блиску (менше одної зоряної величини) симетричні відносно моменту кульмінації;
- Клас 2:* повільні зміни блиску в межах 1^m - 2^m при можливому суттєвому неспівпадінні моментів кульмінації (наявність фазової залежності);
- Клас 3:* наявність одного або двох яскравих спалахів з перепадом блиску в 2^m - 3^m . (До цього класу можуть належати ШНТ, оснащені елементами із високою ступінню дзеркальності);
- Клас 4:* періодичні зміни блиску в широких межах. Синусоїдальна пульсація інтенсивності з періодом від ~ 20 сек до ~ 100 сек (дифузно відбиваючий циліндр);
- Клас 5:* нерегулярні короточасні спалахи різної інтенсивності на змінній "фонової" складовій. Загальний перепад блиску складає $\sim 4^m$ - 5^m ;

Клас 6: резервний клас. Сюди відносяться найскладніші криві блиску, які не входять у вищеописані класи.

Характерною особливістю кривих блиску п'ятого класу є їх зовнішній вигляд. Виходячи із визначення цього класу, він є суперпозицією всіх попередніх класів. Тому зробити будь-яке заключення про можливу форму об'єкту в цьому випадку, досить важко. Можна лише стверджувати, що даний клас кривих блиску зумовлюється найбільш складними по конструкції ШНТ. Неоднорідність відбиваючої поверхні відображена в даному випадку найбільш яскраво.

Слід відмитити, що кожен із класів кривих блиску є достатньо широким, тобто в межах кожного із них можливе виділення підкласів (в основному в випадку 3,4,5). З другого боку, межі класів не є абсолютно точними, бо перехід від одного класу до іншого відбувається досить повільно. Отже, запропонована нами система може бути доповнена.

На протязі 1992-1996 років було отримано і оброблено 77 кривих блиску різних ШНТ в В, V смугах. Результати обробки для кожного супутника зведені в таблиці, де в другій колонці приводиться дата спостережень ШНТ, в третій - інтервал часу спостережень, в четвертій - момент кульмінації, в п'ятій і шостій - максимальне значення стандартизованої зоряної величини в смугах В, V відповідно, в сьомій - граничні значення фазових кутів на протязі траси супутника, у восьмій - клас кривої блиску в смугах В, V, у дев'ятій та десятій - коефіцієнти екстинкції, які використовувалися для визначення відповідних поправок. Таблиця є основою каталога кривих блиску.

На рисунках 1 - 16 зображені типові криві блиску для різних ШНТ. Приведені криві охоплюють всі класи запропонованої вище класифікаційної системи. Більше того, для більшості

приведених ШНТ тип кривої блиску прикладі кривих блиску об'єкта 84112.01
змінюється з часом. Це добре видно на (див. табл., рис. 11 - 16).

Таблиця. Каталог колориметричних (В,V) кривих блиску, отриманих на протязі 1992-1996 рр.

№	Дата	UT	UT _k	M _{B, max}	M _{V, max}	Δψ	Клас кривої	K _B	K _V
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
78064.01									
B,V									
1	29.07.92	23 ^h 20 ^m 55 ^s - 23 ^h 23 ^m 31 ^s	23 ^h 22 ^m 09 ^s	4 ^m 42	3 ^m 16	101° - 31°	2,2	0 ^m 80	0 ^m 44
2.	06.08.92	23 23 18 - 23 26 01	23 25 28	5.08	3.95	111 - 50	2,2	0.57	0.36
3.	08.08.92	00 25 03 - 00 28 55	00 27 08	4.96	3.83	122 - 34	2,2	0.68	0.44
4.	19.08.92	00 17 22 - 00 19 55	00 19 28	4.34	3.18	117 - 62	2,2	1.04	0.71
5.	26.08.92	00 57 01 - 01 00 40	00 59 09	4.83	3.62	124 - 41	2,2	0.59	0.40
6.	11.05.93	20 45 23 - 20 50 00	20 47 03	3.82	2.89	126 - 83	3,3	0.70	0.49
7.	18.05.93	21 26 03 - 21 28 40	—	3.89	2.75	103 - 88	2,2	0.53	0.40
8.	08.06.93	21 41 05 - 21 45 21	21 42 56	3.45	2.53	98 - 18	2,2	0.60	0.40
84012.01									
1	10.05.93	20 23 20 - 20 28 54	20 25 50	4.10	2.47	23 - 76	3,3	0.58	0.47
84122.01									
1.	15.05.92	19 41 39 - 19 45 12	19 43 17	2.82	2.12	37 - 124	6,6	0.60	0.40
2.	22.07.92	20 06 54 - 20 10 26	20 08 15	4.36	3.54	67 - 137	2,2	0.88	0.59
3.	05.08.92	20 20 09 - 20 25 04	20 21 48	3.39	2.54	71 - 144	6,6	0.56	0.40
4.	07.08.92	19 26 41 - 19 30 40	19 28 30	2.96	2.27	31 - 119	2,2	0.68	0.44
5.	09.08.92	20 10 37 - 20 13 51	20 11 49	3.62	3.00	72 - 130	2,2	0.88	0.60
6.	17.08.92	19 49 58 - 19 53 51	19 51 50	3.25	2.55	49 - 123	2,2	0.72	0.47
7.	18.08.92	20 11 38 - 20 15 17	20 13 31	3.40	2.71	64 - 125	2,2	0.88	0.63
8.	21.04.93	19 35 31 - 19 39 31	19 37 28	1.05	0.72	64 - 135	3,3	0.60	0.55
88099.01									
1.	21.04.93	19 14 33 - 19 20 24	19 17 14	-0.25	-0.97	16 - 113	3,3	0.60	0.55
2.	23.04.93	20 05 48 - 20 12 01	20 08 30	3.63	3.05	47 - 130	6,6	1.01	0.61
3.	10.05.93	19 11 47 - 19 18 16	19 15 04	0.41	0.08	20 - 119	2,2	0.58	0.47
4.	12.05.93	20 01 42 - 20 06 38	20 04 35	2.36	1.65	46 - 122	6,6	0.74	0.48
5.	14.05.92	20 10 43 - 20 13 23	20 11 39	4.11	3.35	80 - 127	2,2	0.67	0.46
88106.02									
1.	14.05.92	19 29 29 - 19 33 35	19 31 24	0.82	0.43	127 - 20	3,3	0.69	0.52
2.	15.05.92	20 00 33 - 20 04 10	20 01 56	3.67	2.82	105 - 36	3,3	0.65	0.45
3.	22.04.93	23 46 33 - 23 49 19	23 46 38	4.23	2.55	85 - 125	3,3	0.60	0.55
4.	24.04.93	00 15 22 - 00 20 40	00 17 18	3.76	2.53	80 - 137	5,3	1.01	0.61
5.	11.05.93	21 32 16 - 21 36 48	21 34 01	4.25	2.69	91 - 72	3,3	0.70	0.49
6.	17.05.93	21 12 16 - 21 14 08	21 13 01	3.65	2.39	80 - 26	1,1	0.69	0.51
7.	18.05.93	20 01 32 - 20 04 01	20 01 47	2.52	2.05	84 - 36	3,3	0.53	0.40
91050.01									
1.	05.05.92	20 35 02 - 20 39 06	20 36 29	3.45	2.47	41 - 128	3,3	0.98	0.70
2.	06.05.92	20 03 02 - 20 07 25	20 05 16	3.22	2.07	16 - 116	2,2	0.87	0.49
3.	12.05.92	20 14 45 - 20 18 56	20 16 38	3.76	2.59	25 - 123	2,2	0.64	0.42
4.	15.05.92	20 20 39 - 20 24 47	20 22 18	3.60	2.64	29 - 127	2,2	0.60	0.40
5.	03.06.92	20 23 49 - 20 27 42	20 25 14	4.54	3.49	39 - 131	2,2	0.88	0.49
6.	24.06.92	21 03 39 - 12 08 23	21 05 06	4.70	3.76	61 - 140	2,2	0.67	0.40
7.	01.07.92	20 43 09 - 20 47 58	20 45 10	4.53	3.41	42 - 137	2,2	0.76	0.52
8.	20.07.92	20 46 06 - 20 50 58	20 48 06	4.45	3.33	44 - 135	2,2	0.66	0.40
9.	21.07.92	20 15 23 - 20 19 06	20 16 49	4.00	2.78	35 - 125	2,2	0.82	0.52
10.	22.07.92	19 43 03 - 19 46 39	19 45 42	3.01	2.30	18 - 91	2,2	0.88	0.57
11.	28.07.92	19 56 42 - 19 59 42	19 57 02	5.42	4.22	59 - 122	2,2	0.64	0.45
12.	03.08.92	20 06 06 - 20 10 27	20 08 21	3.44	2.04	18 - 122	2,2	1.10	0.57

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14.	17.08.92	19 27 24 - 19 30 06	19 28 47	4.14	3.02	36 - 89	2,2	0.72	0.47
15.	17.08.92	21 07 31 - 21 11 12	21 08 06	4.69	3.76	75 - 129	2,2	0.72	0.47
16.	18.08.92	20 35 35 - 20 37 43	20 36 41	5.30	3.85	46 - 99	2,2	0.88	0.63
17.	22.04.93	19 32 47 - 19 36 26	19 34 10	4.42	3.20	34 - 104	2,2	0.83	0.58
18.	23.04.93	20 41 33 - 20 44 54	20 42 11	4.46	3.42	59 - 126	2,2	1.01	0.61
19.	26.04.93	20 47 05 - 20 50 46	20 47 52	3.22	2.07	59 - 129	1,1	0.94	0.65
20.	10.05.93	20 05 42 - 20 10 29	20 08 04	4.80	3.77	16 - 122	2,2	0.58	0.47
21.	11.05.93	19 34 33 - 19 38 50	19 36 59	3.56	2.37	22 - 104	2,2	0.70	0.49
22.	12.05.93	20 43 04 - 20 47 48	20 45 01	4.41	3.31	40 - 132	2,2	0.74	0.48
23.	17.05.93	19 45 46 - 19 50 56	19 48 18	3.26	2.04	18 - 120	2,2	0.69	0.51
24.	18.05.93	20 56 07 - 20 59 14	20 56 28	5.40	4.23	76 - 132	2,2	0.53	0.40
92052.01									
1.	22.09.92	19 22 26 - 19 25 31	19 23 21	3.44	2.64	78 - 31	3,3	0.98	0.69
2.	24.09.92	18 08 42 - 18 17 07	18 12 30	2.52	1.66	109 - 10	6,6	0.74	0.49
3.	24.09.92	20 06 13 - 20 09 34	20 08 10	3.95	3.57	100 - 66	5,5	0.74	0.49
4.	25.09.92	18 32 42 - 18 39 13	18 35 16	3.58	2.93	101 - 22	5,5	0.82	0.54
5.	24.12.92	16 49 57 - 16 57 16	16 53 12	2.22	2.07	116 - 47	3,3	0.49	0.39
6.	25.12.92	17 12 51 - 17 19 55	17 16 04	2.11	1.97	120 - 57	3,3	0.62	0.39
7.	29.12.92	16 48 38 - 16 55 36	16 50 55	2.95	2.11	116 - 53	5,5	0.75	0.57
8.	22.04.93	00 00 49 - 00 08 35	00 04 15	1.51	0.73	95 - 58	3,3	0.60	0.55
9.	22.04.93	22 27 39 - 22 34 39	22 30 18	0.22	-0.44	117 - 80	5,5	0.83	0.58
10.	23.04.93	22 49 12 - 22 58 21	22 53 21	2.87	2.26	115 - 68	3,3	1.01	0.61
11.	26.04.93	22 01 46 - 22 10 05	22 05 13	-2.44	-3.42	117 - 28	5,5	0.94	0.65
12.	27.04.93	00 01 31 - 00 03 50	—	4.56	3.53	36 - 18	1,1	0.94	0.65
13.	10.05.93	19 35 03 - 19 43 14	19 38 32	3.33	3.21	125 - 25	5,5	0.58	0.47
14.	10.05.93	21 30 43 - 21 37 40	21 34 12	3.36	2.50	108 - 30	3,3	0.58	0.47
15.	11.05.93	20 01 13 - 20 05 39	20 01 19	3.19	2.31	79 - 17	3,3	0.70	0.49
16.	12.05.93	20 19 50 - 20 28 06	20 23 53	3.47	2.53	126 - 18	3,3	0.74	0.48
17.	17.05.93	20 18 17 - 20 24 07	20 20 37	4.77	3.88	114 - 54	3,3	0.69	0.51
95132.01 (Січ - 1)									
1.	09.08.96	22 30 51 - 22 32 16	22 32 16	4.74	4.24	113 - 74	2,2	0.55	0.35
2.	27.08.96	20 46 17 - 20 47 57	20 48 17	4.30	3.80	121 - 86	2,2	0.64	0.41
3.	12.10.96	03 27 56 - 03 31 51	03 29 30	5.90	4.95	101 - 114	1,1	0.85	0.63
4.	15.10.96	03 10 19 - 03 14 18	03 12 07	6.02	4.72	89 - 107	1,1	0.60	0.40
XXXXXX.XX									
1.	27.08.96	20 41 08 - 20 42 29	20 43 15	5.00	4.31	123 - 99	4,4	0.64	0.41
XXXX1.XX									
1.	12.10.96	03 10 40 - 03 12 41	03 11 15	5.84	4.77	120 - 125	2,2	0.85	0.63
2.	15.10.96	02 51 38 - 02 56 13	02 54 55	4.64	3.78	95 - 120	2,2	0.60	0.40

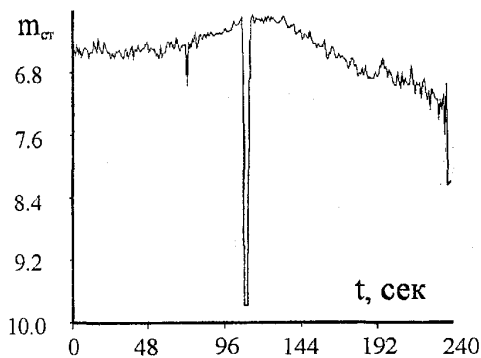


Рис. 1 Крива блиску об'єкта 95132.01 від 15.10.96, $UT_1=03^h10^m19^s$ в смузі В, клас 1

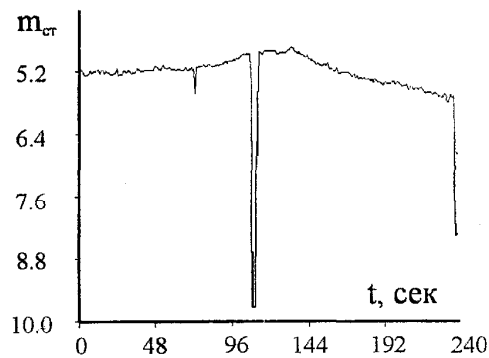


Рис. 2 Крива блиску об'єкта 95132.01 від 15.10.96, $UT_1=03^h10^m19^s$ в смузі V, клас 1

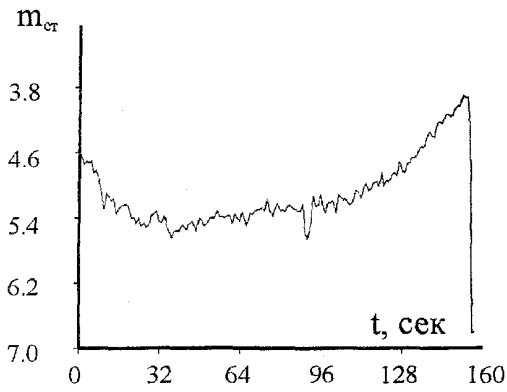


Рис. 3 Крива блиску об'єкта 78064.01 від 18.05.93, $UT_1=21^h26^m03^s$ в смузі В, клас 2

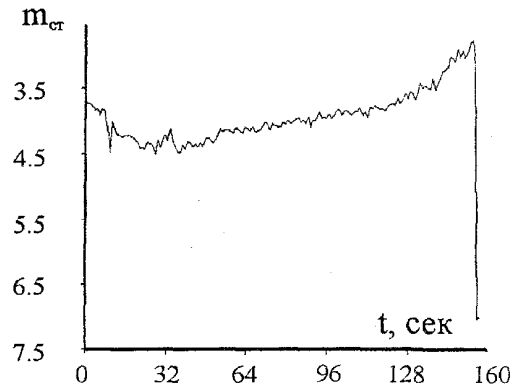


Рис. 4 Крива блиску об'єкта 78064.01 від 18.05.93, $UT_1=21^h26^m03^s$ в смузі V, клас 2

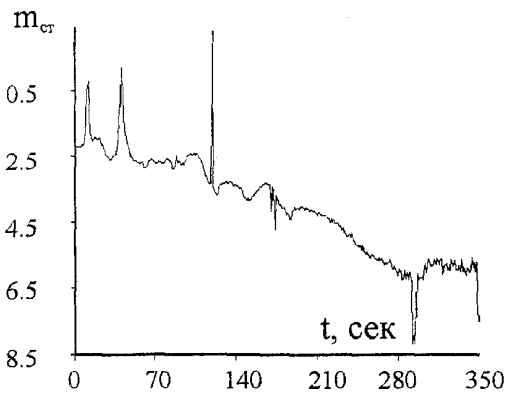


Рис. 5 Крива блиску об'єкта 88099.01 від 21.04.93, $UT_1=19^h14^m33^s$ в смузі В, клас 3

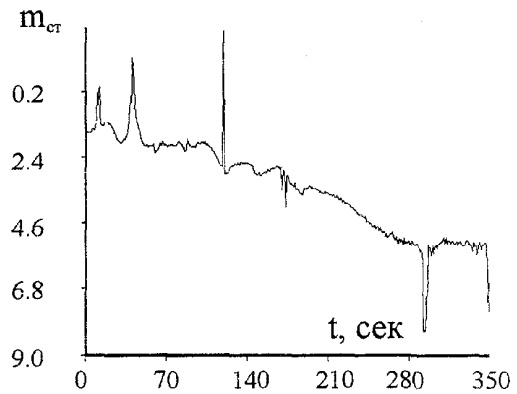


Рис. 6 Крива блиску об'єкта 88099.01 від 21.04.93, $UT_1=19^h14^m33^s$ в смузі V, клас 3

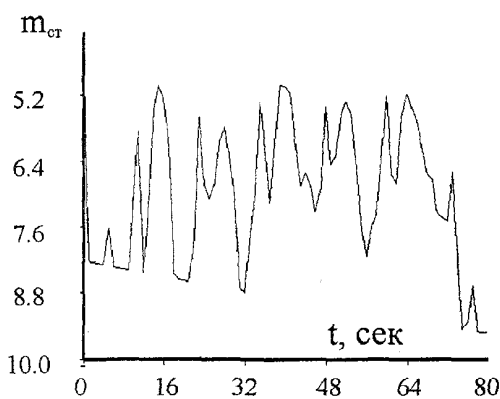


Рис. 7 Крива блиску об'єкта XXXXX.XX від 27.08.96, $UT_1=20^h41^m08^s$ в смузі В, клас 4

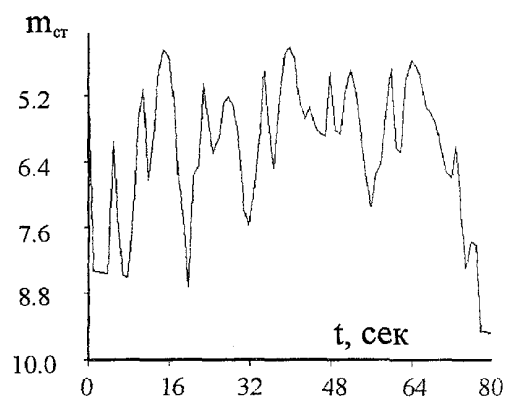


Рис. 8 Крива блиску об'єкта XXXXX.XX від 27.08.96, $UT_1=20^h41^m08^s$ в смузі V, клас 4

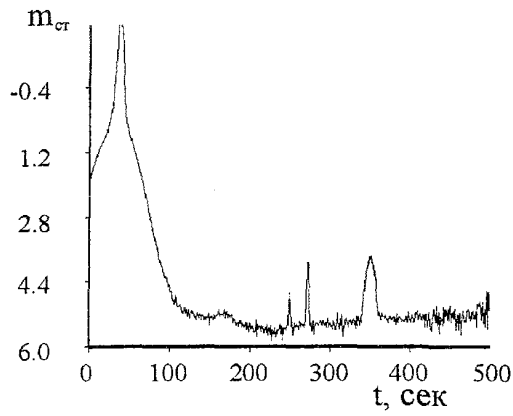


Рис. 9 Крива блиску об'єкта 92052.01 від 26.04.93, $UT_1=20^h01^m46^s$ в смузі В, клас 5

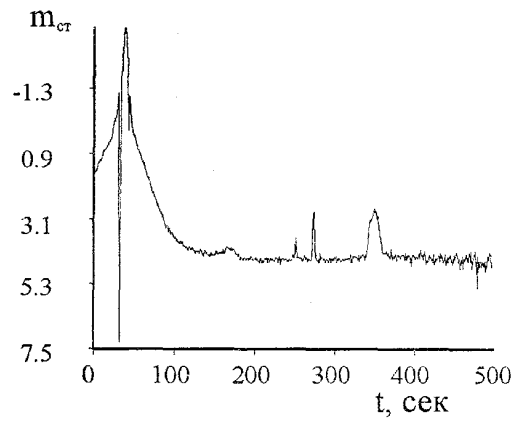


Рис. 10 Крива блиску об'єкта 92052.01 від 26.04.93, $UT_1=20^h01^m46^s$ в смузі V, клас 5

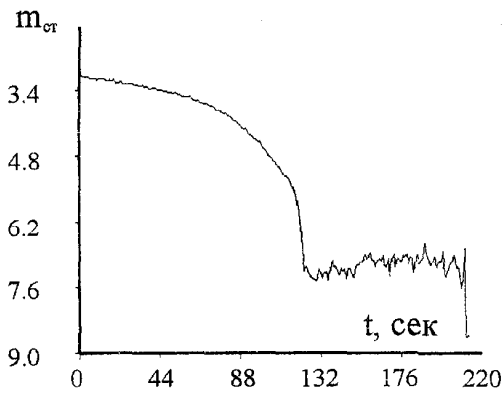


Рис. 11 Крива блиску об'єкта 84122.01 від 15.05.92, $UT_1=19^h41^m39^s$ в смузі В, клас 2

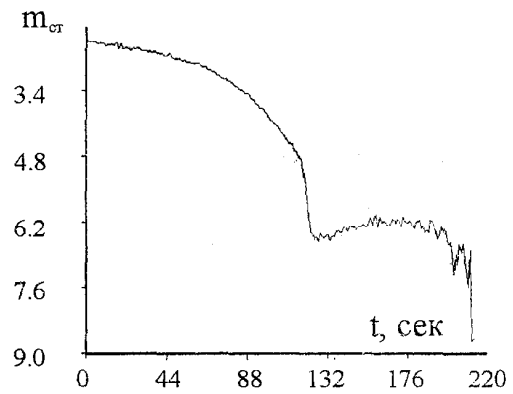


Рис. 12 Крива блиску об'єкта 84122.01 від 15.05.92, $UT_1=19^h41^m39^s$ в смузі V, клас 2

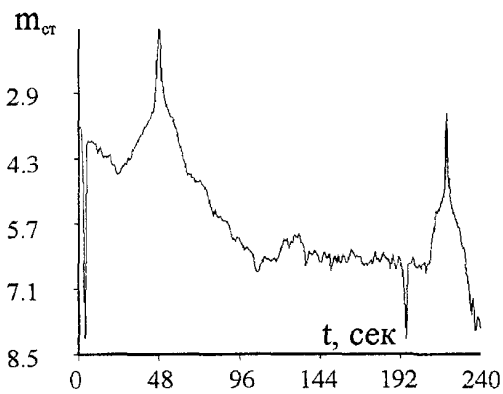


Рис. 13 Крива блиску об'єкта 84122.01 від 21.04.93, $UT_1=19^h35^m31^s$ в смузі В, клас 3

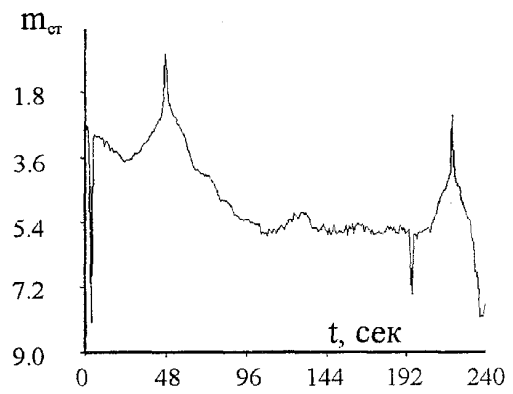


Рис. 14 Крива блиску об'єкта 84122.01 від 21.04.93, $UT_1=19^h35^m31^s$ в смузі V, клас 3

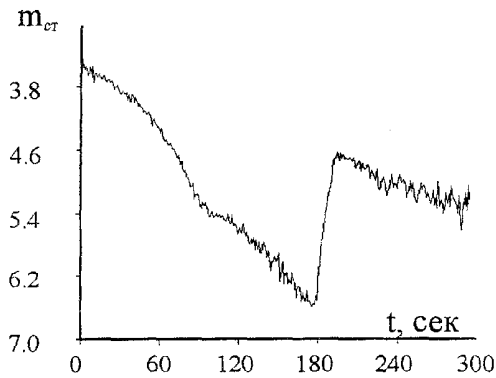


Рис. 15 Крива блиску об'єкта 84122.01 від 5.08.92, $UT_1=20^h20^m09^s$ в смузі В, клас 6

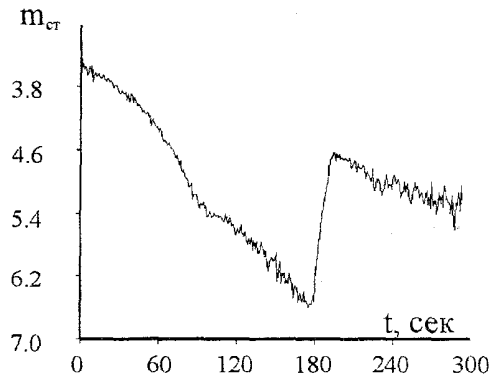


Рис. 16 Крива блиску об'єкта 84122.01 від 5.08.92, $UT_1=20^h20^m09^s$ в смузі V, клас 6

1. М.В. Братийчук, В.П. Епишев, Я.М. Мотрунич, Астрометрия и астрофизика, 41, 78 (1980).
2. М.В. Братийчук, А.Б.Гвардионов, В.П. Епишев, И.Ф.Найбауэр, О.Е. Стародубцева, Кинематика и физика небесных тел, 2, 1, 60 (1986).
3. М.В. Братийчук, В.М. Михайлец, Б.М. Михайлец, ПКФ, 17, 60 (1982).
4. A.V. Dobrovolsky, N.G. Paltsev, Yu.A. Medvedev, Odessa Astronomical Publications, 9, 183 (1996).
5. В.Г. Выгон, А.В. Багров, В.Я. Groшев, Околосемная астрономия (космический мусор) ИА РАН, 143 (1998).
6. В.В. Белоус, А.Б. Гвардионов, С.И. Игнатович, Я.М. Мотрунич, И.Ф. Найбауэр, Деп. В ГНТБ Украины 30.04.1994, № 888 - Ук94, 13с.
7. М.В. Братийчук, В.П.Епишев, Я.М. Мотрунич, ПКФ, 14, 26 (1979).

TWO-COLOR OBSERVATION OF LOW-PERIGEE ARTIFICIAL EARTH SATELLITES IN UZHGOROD DURING 1992-1996 YEARS. CATALOG AND PRELIMINARY CLASSIFICATION

**M.V.Bratijchuk, A.B.Gvardionov, Ya.M.Motrunch,
O.A.Mikhov, I.F.Neubauer, T.V.Uzhva**

Uzhgorod State University, 294000, Uzhgorod, Voloshin, 54

In this paper preliminary classification of the light curves of different artificial objects are given. The light curves was obtained on two-color electrophotometer during 1992-1996. Main results are presented in the table and on sixteen figures.