

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСТЕРОИДОВ, СБЛИЖАЮЩИХСЯ С ЗЕМЛЕЙ, ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАБЛЮДЕНИЙ 2022–2023 ГГ.

© 2024 г. Э. Д. Кузнецов^{1,*}, Ю. З. Вибе^{1,**}, Д. В. Гламазда^{1,***},
Г. Т. Кайзер^{1,****}, В. В. Крушинский^{1,*****}, М. С. Крючков²,
С. А. Нароенков^{2,*****}, А. С. Перминов^{1,*****}

¹Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт астрономии Российской академии наук, Москва, Россия

*E-mail: eduard.kuznetsov@urfu.ru

**E-mail: julia.vibe@urfu.ru

***E-mail: antimuon@mail.ru

****E-mail: galina.kaiser@urfu.ru

*****E-mail: vadim.krushinsky@urfu.ru

*****E-mail: snaroenkov@gmail.com

*****E-mail: alexander.perminov@urfu.ru

Поступила в редакцию 14.01.2024 г.

После доработки 04.06.2024 г.

Принята в печать 04.06.2024 г.

На телескопах СБГ Коуровской астрономической обсерватории УрФУ и Цейсс-1000 Симеизской обсерватории ИНАСАН в 2022–2023 гг. выполнены позиционные и многоцветные фотометрические наблюдения астероидов, сближающихся с Землей. По результатам позиционных наблюдений на телескопе СБГ для семи астероидов получены улучшенные элементы орбит. По фотометрическим наблюдениям оценены периоды осевого вращения семи астероидов. По результатам фотометрических наблюдений в фильтрах *B*, *V*, *R*, *I* получены показатели цвета для шести астероидов.

Ключевые слова: астероиды, позиционные наблюдения, фотометрические наблюдения, улучшенные элементы орбиты, кривые блеска, периоды вращения, показатели цвета

DOI: 10.31857/S0004629924070063 EDN: IULCHE

1. ВВЕДЕНИЕ

Наблюдения астероидов, сближающихся с Землей (АСЗ), являются актуальной задачей, которая тесно связана с проблемой астероидно-кометной опасности. Позиционные и фотометрические наблюдения АСЗ позволяют получать динамические и физические характеристики астероидов, которые используются для оценки опасности астероида при его тесном сближении с Землей или возможном падении на Землю.

Наблюдения АСЗ имеют ряд особенностей, отличающих их от других малых тел и, в первую очередь, от астероидов главного пояса. Периоды видимости, в которые АСЗ доступны наземным телескопам малых и средних размеров, повторяются нерегулярно. Исключение составляют АСЗ, которые находятся в орбитальных резонансах с Землей.

В этом случае условия наблюдений в каждом из регулярных появлений АСЗ оказываются близкими по геоцентрическим расстояниям и фазовым углам, а астероид находится примерно в одинаковой области орбиты. Для нерезонансных астероидов характерно нерегулярное распределение интервалов видимости, при этом условия наблюдений АСЗ становятся более разнообразными. Чем меньше размер АСЗ, тем в среднем больше интервалы времени между его появлениями, и тем короче промежутки времени, позволяющие выполнять наблюдения. В случае тесных сближений астероидов с Землей появляется возможность наблюдать объекты небольшого размера, диаметром несколько десятков или сотен метров, однако область поверхности Земли, с которой можно проводить наблюдения, сокращается. Каждое появление АСЗ становится уникальным, дающим возможность получить новые сведе-

ния, характеризующие динамические и физические характеристики астероида.

С 2020 г. в Коуровской астрономической обсерватории Уральского федерального университета (КАО УрФУ) и Центре коллективного пользования (ЦКП) «Терскольская обсерватория» ИНАСАН выполняется совместный проект АСЗ-КС по определению динамических и физических параметров астероидов, сближающихся с Землей, по результатам позиционных и фотометрических наблюдений [1]. Решаются следующие задачи.

- Определение улучшенных элементов орбит.
- Определение периодов осевого вращения астероидов.
- Оценка показателей цвета астероидов.

Наблюдения АСЗ проводятся на телескопе СБГ АО УрФУ и телескопе Цейсс-1000 ЦКП «Терскольская обсерватория», находящемся в Симеизской обсерватории ИНАСАН. Статья посвящена описанию и анализу результатов, полученных на основе этих наблюдений. Описание инструментов и светоприемной аппаратуры дано в разделе 2. В разделе 3 приведены результаты позиционных наблюдений. В разделе 4 получены периоды осевого вращения астероидов. Показателям цвета посвящен раздел 5.

Таблица 1. Основные параметры телескопов СБГ и Цейсс-1000

Параметр	СБГ	Цейсс-1000
Оптическая система	Шмидта	Ричи-Кретьена
Диаметр зеркала, м	0.4	1
Фокусное расстояние, м (с редуктором фокуса, Цейсс-1000)	0.8	13 5.7
Светоприемник	Apogee Alta U32	FLI PL 16803
Размер пикселя, мкм	6.8 × 6.8	9 × 9
Масштаб изображения, "/пиксель (с редуктором фокуса, Цейсс-1000)	1.8	0.143 0.326
Поле зрения (с редуктором фокуса, Цейсс-1000)	65' × 44'	10' × 10' 22' × 22'

2. СВЕДЕНИЯ О ТЕЛЕСКОПАХ

Наблюдения АСЗ проводились на двух инструментах: телескопе СБГ КАО УрФУ и телескопе Цейсс-1000 ИНАСАН. Основные параметры телескопов СБГ и Цейсс-1000 и их светоприемной аппаратуры приведены в табл. 1. На телескопе СБГ выполнялись позиционные и фотометрические наблюдения АСЗ. Для позиционных наблюдений использовался фильтр *R*, для фотометрических наблюдений — фильтры *V*, *R*, *I*. На телескопе Цейсс-1000 проводились фотометрические наблюдения в фильтрах *B*, *V*, *R*, *I*. Количественные сведения о наблюдениях, выполненных с июля 2022 г. по март 2023 г., приведены в табл. 2 и 3.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УЛУЧШЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОРБИТ И ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Для всех кадров, полученных на телескопе СБГ по программам позиционных и фотометрических наблюдений, выполнялась астрометрическая обработка. Использовалась программа IzmCCD¹ [2]. По результатам позиционных наблюдений с помощью программного комплекса «ИДА» [3] было выполнено улучшение орбит астероидов, которые наблюдались на телескопе СБГ в 2022–2023 гг. На основе улучшенных элементов орбит были получены среднеквадратические ошибки разностей (*O* – *C*) экваториальных координат σ_α и σ_δ . Результаты даны в табл. 4, где σ — среднеквадратическая ошибка разностей (*O* – *C*) по всем использованным при улучшении орбиты наблюдениям. Точность определения координат, представленных в табл. 4 АСЗ по наблюдениями на телескопе СБГ, составляет: по прямому восхождению — 0.2", по склонению — 0.1"–0.3", что достаточно для решения задачи оперативного сопровождения объектов.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДОВ ОСЕВОГО ВРАЩЕНИЯ

Первоначальная обработка фотометрических наблюдений выполнялась с помощью программы АМ:РМ, разработанной в Коуровской астрономической обсерватории УрФУ [4]. Зависимость ошибок определения блеска рассматриваемых в настоящей статье АСЗ на телескопе СБГ от видимой звездной величины в фильтрах *V* и *R* представлена на рис. 1. Обычно фотометрические наблюдения на телескопе СБГ проводятся для объектов ярче 16.5^m–17.0^m, что обеспечивает точность определения звездной вели-

¹ <http://izmccd.puldb.ru/>

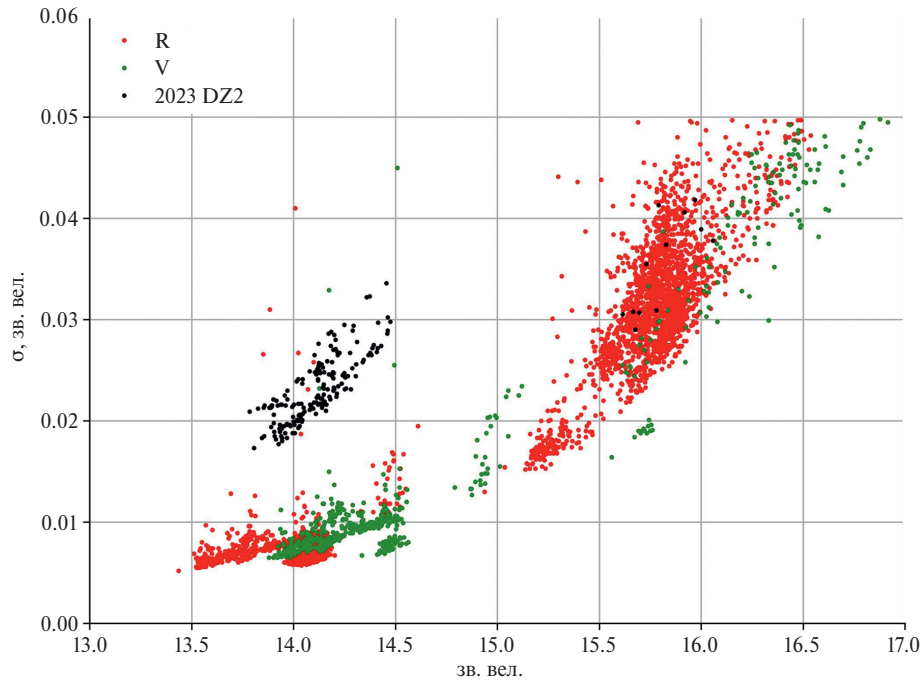


Рис. 1. Зависимость ошибки фотометрических наблюдений АСЗ на телескопе СБГ от видимой звездной величины в фильтрах *V* (зеленые точки) и *R* (красные точки). Черные точки соответствуют астероиду 2023 DZ2, наблюдавшемуся в фильтре *R*.

Таблица 2. Сведения о наблюдениях, выполненных на телескопе СБГ в 2022–2023 гг.

Астероид	Дата наблюдений	Количество положений в фильтрах			Астероид	Дата наблюдений	Количество положений в фильтрах		
		<i>V</i>	<i>R</i>	<i>I</i>			<i>V</i>	<i>R</i>	<i>I</i>
(2100) Ra-Shalom	22.08.2022	74	74	78	(161 989) Sacus	15.08.2022	53	53	56
	24.08.2022	74	72	76		18.08.2022	13	16	14
	25.08.2022	64	66	65		19.08.2022	75	77	75
	26.08.2022	69	66	72		21.08.2022	60	60	60
	27.08.2022	44	45	43	(226 554) 2003 WR21	29.12.2022	—	315	—
	28.08.2022	63	64	65		15.01.2023	—	92	—
	29.08.2022	60	60	60	(422 787) 2001 WS1	17.11.2022	—	462	—
(4486) Mithra	11.03.2023	—	211	—		18.11.2022	43	44	51
	12.03.2023	17	16	16		19.11.2022	—	145	—
	14.03.2023	—	151	—		25.11.2022	22	25	23
	15.03.2023	10	12	10		28.11.2022	31	47	30
	18.03.2023	59	61	59	2008 TB27	13.12.2022	—	284	—
	30.03.2023	40	45	39		14.12.2022	14	14	15
(65 803) Didymos	27.11.2022	—	187	—		21.12.2022	—	202	—
	28.11.2022	—	92	—	2023 DZ2	23.03.2023	—	16	—
	02.12.2022	—	196	—		24.03.2023	—	210	—
(98 943) 2001 CC21	20.01.2023	—	169	—					
	16.01.2023	—	89	—					

чины не хуже 0.05^m . Черными точками на рис. 1 показаны стандартные отклонения для фотометрических наблюдений в фильтре R астероида 2023 DZ2, который прошел 25.03.2023 на минимальном геоцентрическом расстоянии около 175 000 км. Точность наблюдений, выполненных 23.03.2023 (блеск астероида около 15.5^m – 16.0^m), соответствует точности фотометрических наблюдений других астероидов. На следующий день 24.03.2023, накануне максимального сближения с Землей, астероид имел высокую скорость видимого движения относительно звезд (более $30''/\text{мин}$), что привело к росту ошибок фотометрических наблюдений примерно на 0.01^m , несмотря на увеличение блеска астероида до 13.7^m – 14.5^m .

На рис. 2 приведены ошибки фотометрии АСЗ, наблюдавшихся на телескопе Цейсс-1000 в фильтрах B , V , R , I , в зависимости от звездной величины. Дискретность приведенных на рис. 2 данных связана с тем, что оценки звездной величины были получены с точностью 0.001^m . Ошибки фотометрических наблюдений АСЗ, имеющих блеск 17.0^m – 17.5^m , на те-

лескопе Цейсс-1000 в фильтрах R и V , как правило, не превышают 0.040^m – 0.045^m .

Для определения периодов вращения астероидов по фазовым кривым блеска, звездные величины в различных фильтрах были приведены к фильтру R . При построении фазовых кривых блеска для учета зависимости блеска астероида от фазового угла определялись параметры двух- или трехпараметрических моделей с использованием онлайн-калькулятора *Online calculator for H , $G1$, $G2$ photometric system*² [5–7]. Построение фазовых кривых блеска и оценка периода P осевого вращения выполнялись в онлайн-системе *Period search service*³ методом Лафлера-Кинмана [8]. Примеры фазовых кривых блеска показаны на рис. 3–5. По оси ординат приведены значения H_R — абсолютные звездные величины в фильтре R .

Оценки периодов P осевого вращения астероидов приведены в табл. 5. Результаты согласуются с дан-

² <http://h152.it.helsinki.fi/HG1G2/>

³ <http://scan.sai.msu.ru/lk/>

Таблица 3. Сведения о наблюдениях, выполненных на телескопе Цейсс-1000 в 2022 г.

Астероид	Дата наблюдений	Количество положений в фильтрах				Астероид	Дата наблюдений	Количество положений в фильтрах			
		B	V	R	I			B	V	R	I
(2100) Ra-Shalom	14.07.2022	7	7	7	7	(161 989) Cacus	20.08.2022	19	19	19	19
	15.07.2022	10	10	10	10		21.08.2022	15	15	15	15
	16.07.2022	11	11	11	11		22.08.2022	15	15	15	15
	18.07.2022	9	9	9	9		23.08.2022	17	17	17	17
	19.07.2022	10	10	10	10		27.08.2022	44	44	44	44
	20.07.2022	10	10	10	10		28.08.2022	50	50	50	50
	21.07.2022	10	10	10	10		29.08.2022	40	40	40	40
	22.07.2022	13	13	13	13		30.08.2022	50	50	50	50
	23.07.2022	12	12	12	12	(560 563) 2015 HH10	14.07.2022	17	17	17	17
	24.07.2022	13	13	13	13		15.07.2022	30	30	30	30
(12 711) Tukmit	20.08.2022	15	15	15	15		16.07.2022	30	30	30	30
	21.08.2022	20	20	20	20		17.07.2022	30	29	29	30
	22.08.2022	20	20	20	20		18.07.2022	30	30	30	30
	23.08.2022	20	20	20	20		19.07.2022	30	30	30	30
	26.08.2022	8	8	7	7		20.07.2022	29	29	29	29
	27.08.2022	19	19	19	19		21.07.2022	30	30	30	30
	28.08.2022	20	20	20	20		22.07.2022	30	30	30	30
	29.08.2022	24	24	24	24		23.07.2022	28	28	28	28
	30.08.2022	20	20	20	20		24.07.2022	11	10	10	9

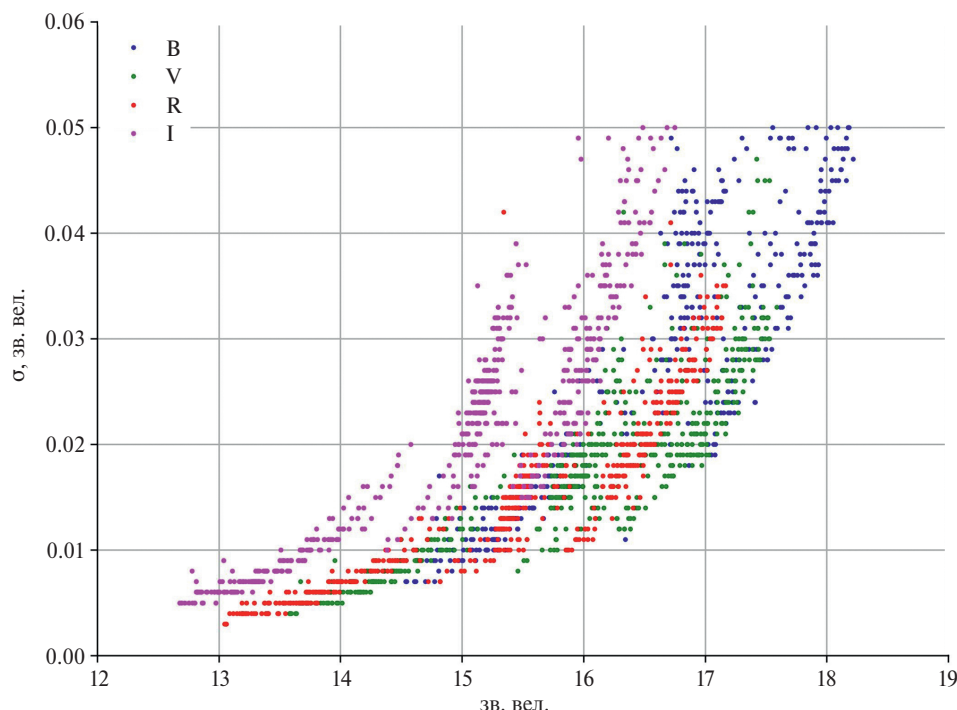


Рис. 2. Зависимость ошибок фотометрических наблюдений АСЗ на телескопе СБГ от видимой звездной величины в фильтрах *B* (синие точки), *V* (зеленые точки), *R* (красные точки) и *I* (малиновые точки).

ными о периодах P_0 вращения астероидов, содержащимися в базе данных фотометрических кривых блеска астероидов Центра малых планет (ALCDEF⁴), в пределах ошибок определения. Для большинства астероидов периоды согласуются в пределах стандартного отклонения σ . Как видно из рис. 3а, ввиду большого периода осевого вращения астероида (4486) Mithra — более 2.7 суток (см. табл. 5), не удалось охватить наблюдениями все фазы кривой

блеска. Однако, благодаря тому, что наблюдался один из минимумов блеска, полученная оценка периода осевого вращения, $P = 65.8 \pm 4.7$ часа, согласуется с найденным ранее в работе [10] периодом $P = 67.5 \pm 6$ часа. Для астероида (98 943) 2001 CC21 наблюдается соответствие периодов в пределах 2σ . Период вращения астероида (161 989) Sacus оценивался на основе совместного анализа наблюдений, выполненных на телескопах СБГ и Цейсс-1000 (см. рис. 5). Оценка периода вращения для астероида 2008 TB27 получена впервые.

⁴<https://alcdef.org/>

Таблица 4. Улучшенные элементы орбит и оценки σ_α и σ_δ

АСЗ	Эпоха, JD	a , а. е.	e	i , град.	Ω , град.	g , град.	M_0 , град.	σ ,''	σ_α ,''	σ_δ ,''
(2100) Ra-Shalom	245 5677.5	0.83211	0.43649	8.24842	17.51070	149.88922	176.39828	0.33	0.17	0.14
(4486) Mithra	245 2974.5	2.20410	0.66040	24.02257	7.40319	244.34005	16.02834	0.43	0.23	0.13
(98 943) 2001 CC21	245 4973.5	1.03242	0.21920	25.04686	11.05703	244.81460	237.81819	0.42	0.24	0.19
(161 989) Sacus	245 9829.5	1.12286	0.21382	8.25270	99.79479	165.23706	59.97467	0.43	0.21	0.22
(226 554) 2003 WR21	245 9503.5	1.11851	0.26143	25.73242	21.72952	174.00804	288.99696	0.36	0.17	0.33
2001 WS1	245 9880.5	2.59072	0.61883	36.68601	0.49549	6.05528	4.86960	0.33	0.21	0.21
2008 TB27	245 9938.5	1.77277	0.36056	41.93063	293.29449	133.10707	5.74538	0.37	0.29	0.43

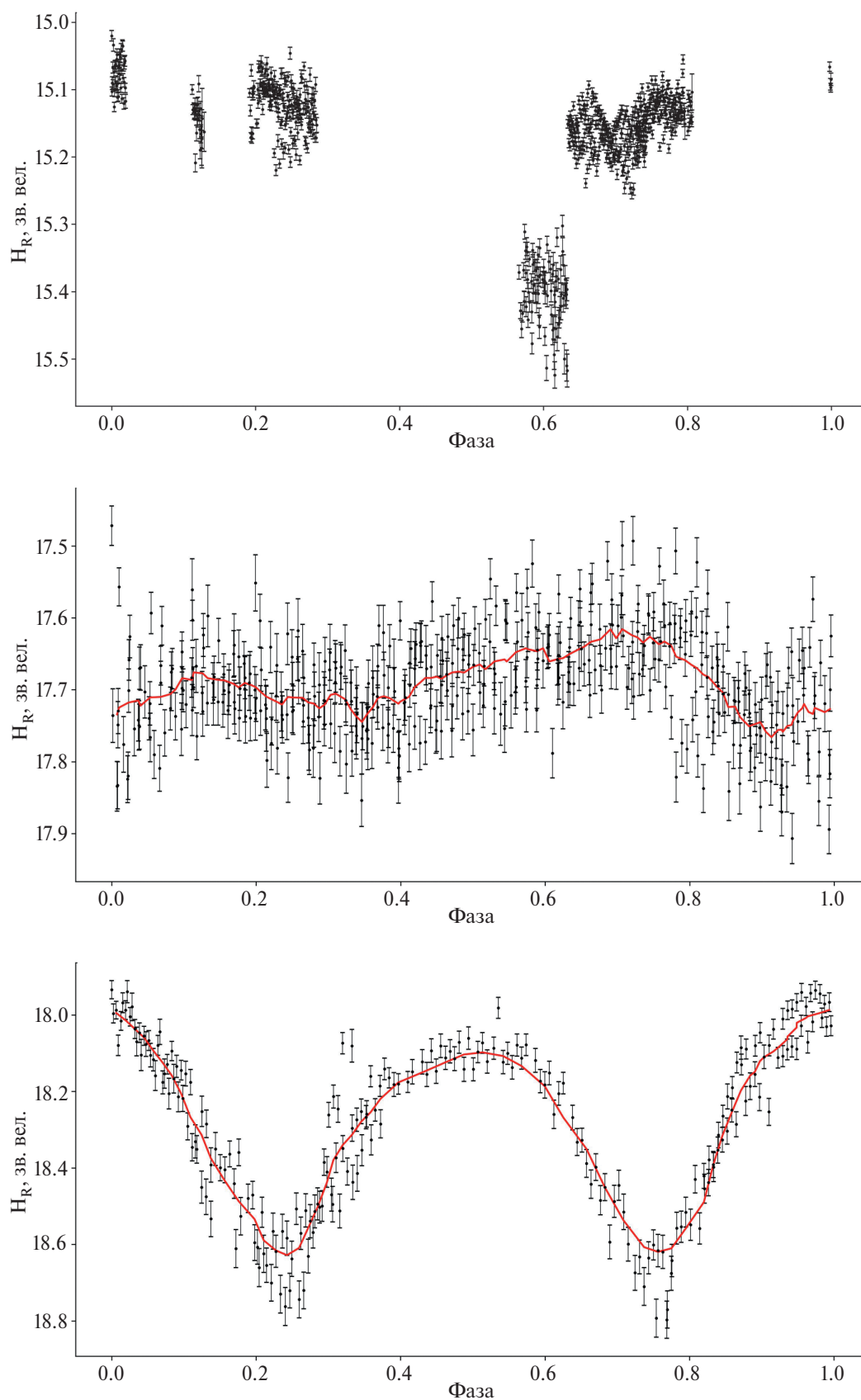


Рис. 3. Фазовые кривые блеска астероидов, наблюдавшихся на телескопе СБГ: (4486) Mithra (a), (65 803) Didymos (b), (98 943) 2001 CC21 (c), 2008 TB27 (d), и 2023 DZ2 (e). Красная линия — скользящее среднее.

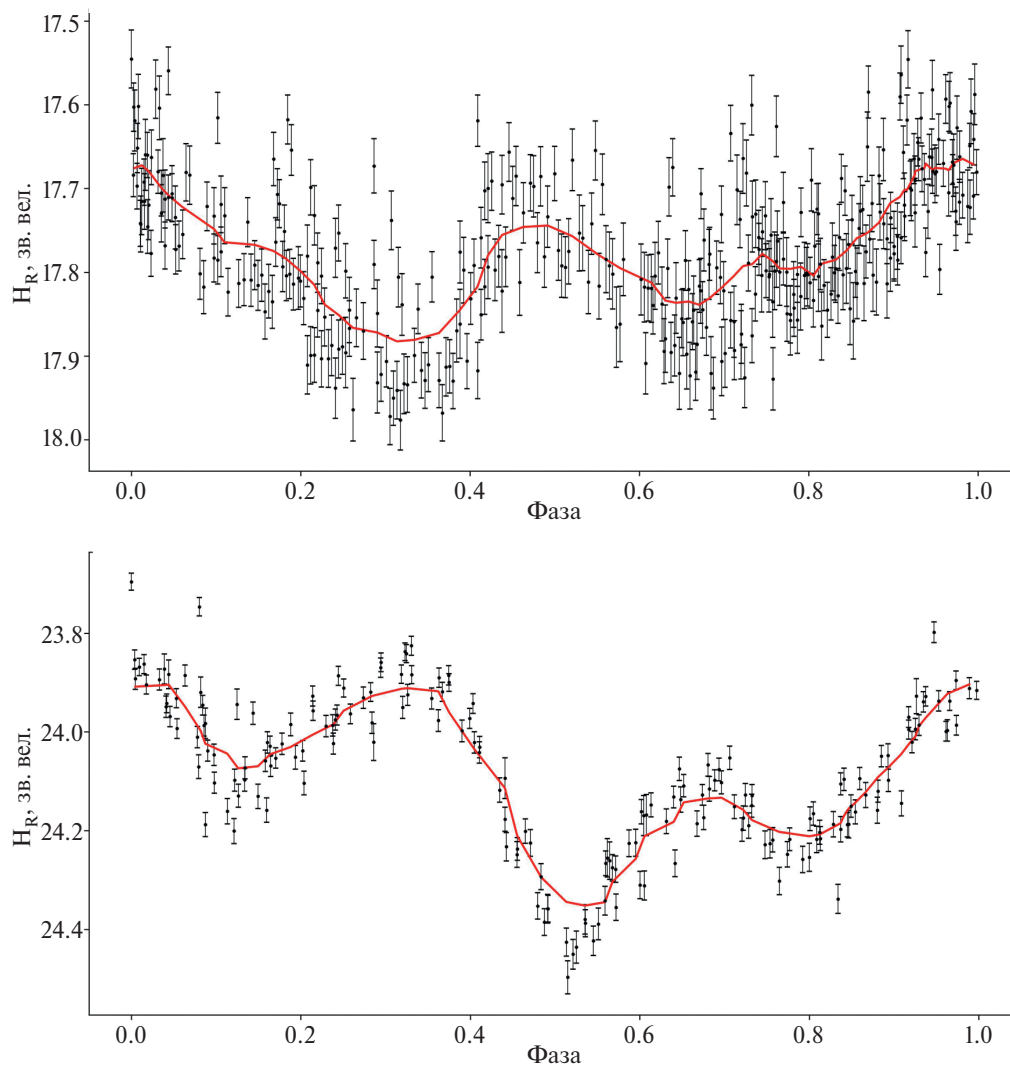


Рис. 3, продолжение. Фазовые кривые блеска астероидов, наблюдавшихся на телескопе СБГ: (4486) Mithra (a), (65 803) Didymos (b), (98 943) 2001 CC21 (c), 2008 TB27 (d), и 2023 DZ2 (e). Красная линия — скользящее среднее.

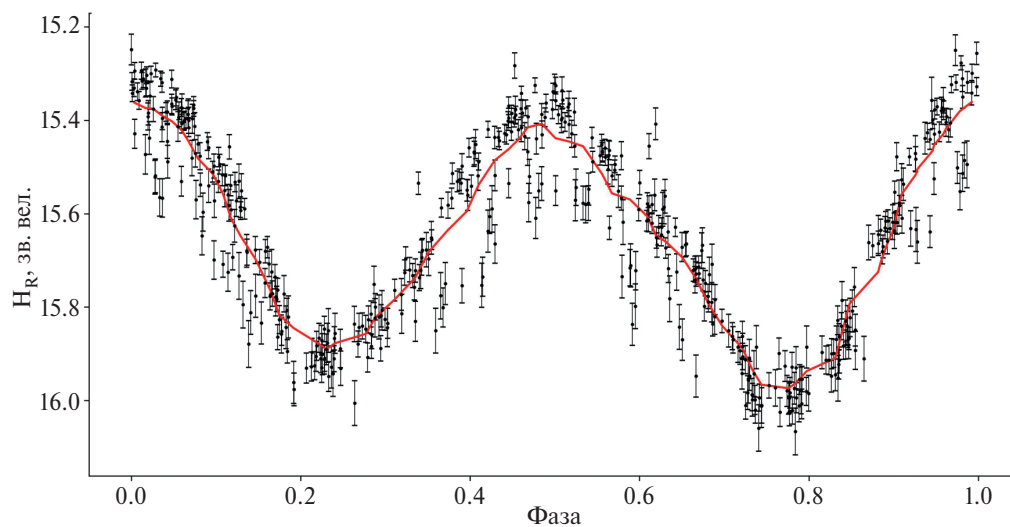


Рис. 4. Фазовая кривая блеска астероида (12 711) Tukmit по наблюдениям на телескопе Цейсс-1000. Красная линия — скользящее среднее.

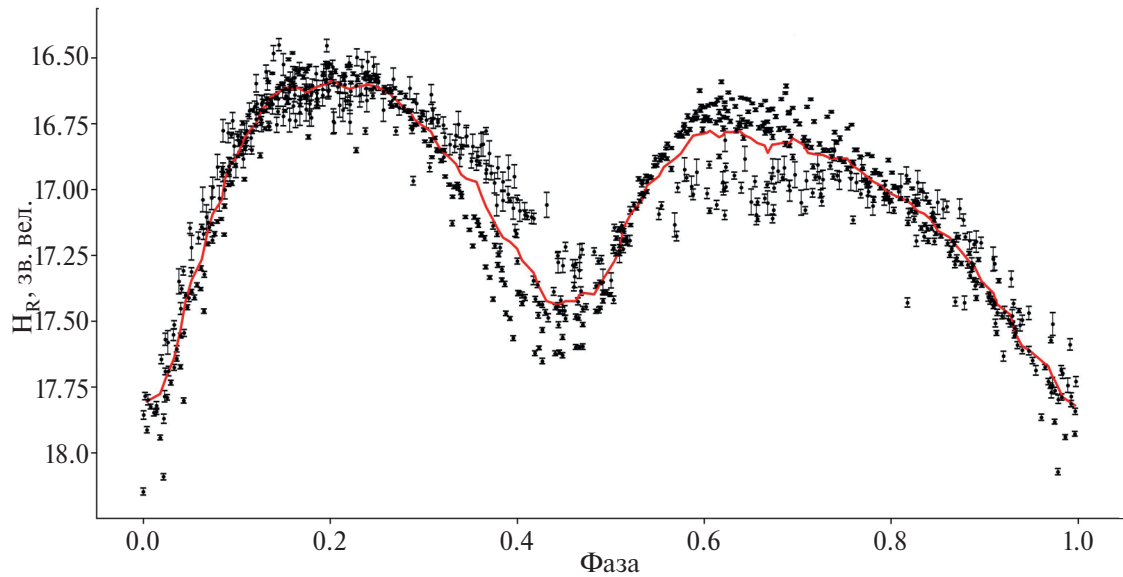


Рис. 5. Фазовая кривая блеска астероида (161 989) Sacus по наблюдениям на телескопах СБГ и Цейсс-1000. Красная линия — скользящее среднее.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦВЕТА

В табл. 6 приведены оценки показателей цвета астероидов по результатам наблюдений на телескопах СБГ и Цейсс-1000. Показатели цвета $V - R$, $V - I$ и $R - I$ для астероидов (2100) Ra-Shalom и (161 989) Sacus получены в ходе совместного анализа наблюдений, выполненных на телескопах СБГ и Цейсс-1000. Полужирным шрифтом выделены названия астероидов, для которых показатели цвета определены впервые. В том случае, если имеются оценки показателей цвета, полученные другими авторами, они также приведены в табл. 6. В большинстве случаев вычисленные показатели цвета в пределах ошибок совпадают со значениями из базы ALCDEF. Рассмотрим отдельные случаи.

Для астероида (2100) Ra-Shalom имеется несколько оценок показателей цвета [9, 14, 15]. Сравнение этих оценок с полученными на телескопах СБГ и Цейсс-1000 показывает, что показатели цвета согласуются в пределах двух стандартных отклонений σ .

Показатели цвета астероида (4486) Mithra, полученные на телескопе СБГ и в работе [16], согласуются в пределах стандартных отклонений.

Для астероида (161 989) Sacus оценка показателя цвета $V - R$, полученная в результате совместной обработки наблюдений на телескопах СБГ и Цейсс-1000, согласуется с результатом работы [9] в пределах стандартного отклонения.

Таблица 5. Периоды осевого вращения астероидов

АСЗ	P , часы	P_0 , часы	Источник
СБГ и Цейсс-1000			
(161989) Sacus	3.752 ± 0.019	3.755067 ± 0.000002	[9]
СБГ			
(4486) Mithra	65.8 ± 4.7	67.5 ± 6	[10]
(65803) Didymos	2.265 ± 0.020	2.2593 ± 0.0002	[11]
(98943) 2001 CC21	5.205 ± 0.021	5.0159 ± 0.0006	[12]
2008 TB27	6.05 ± 0.09		
2023 DZ2	0.10458 ± 0.00019	$0.1045748 \pm 6 \times 10^{-7}$	ALCDEF
Цейсс-1000			
(12711) Tukmit	3.485 ± 0.025	3.483 ± 0.001	[13]

Таблица 6. Показатели цвета астероидов

$B - V$	$B - R$	$V - R$	$V - I$	$R - I$	Источник
(2100) Ra-Shalom					
0.798 ± 0.054	1.126 ± 0.051	0.365 ± 0.021	0.783 ± 0.024	0.418 ± 0.023	СБГ, Цейсс-1000
		0.398 ± 0.010			Цейсс-1000
0.719 ± 0.012		0.449 ± 0.009	0.759 ± 0.017		[9]
0.75 ± 0.05		0.40 ± 0.02			[14]
					[15]
(12 711) Tukmit					
0.804 ± 0.068	1.227 ± 0.066	0.423 ± 0.052	0.900 ± 0.063	0.472 ± 0.057	Цейсс-1000
(4486) Mithra					
0.814 ± 0.14		0.455 ± 0.020	0.769 ± 0.026	0.314 ± 0.023	СБГ
		0.428 ± 0.10	0.699 ± 0.16		[16]
(161 989) Cacus					
1.065 ± 0.029	1.598 ± 0.026	0.501 ± 0.040	0.917 ± 0.042	0.420 ± 0.040	СБГ, Цейсс-1000
		0.486 ± 0.015			Цейсс-1000
					[9]
(422 787) 2001 WS1					
		0.430 ± 0.071	0.884 ± 0.076	0.45 ± 0.11	СБГ
(560 563) 2015 HH10					
0.958 ± 0.057	1.486 ± 0.053	0.527 ± 0.036	0.805 ± 0.046	0.278 ± 0.042	Цейсс-1000

Для астероидов (12 711) Tukmit, (422 787) 2001 WS1 и (560 563) 2015 HH10 оценки показателей цвета в базе ALCDEF отсутствуют.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты показывают, что наблюдения на телескопах СБГ Коуровской астрономической обсерватории УрФУ и Цейсс-1000 ИНАСАН дополняют друг друга и позволяют определять как динамические, так и физические характеристики АСЗ. Телескоп СБГ ориентирован на позиционные наблюдения АСЗ, а также на фотометрические с целью определения периодов вращения АСЗ и показателей цвета $V - R$, $V - I$, $R - I$. Получение улучшенных элементов орбит дает возможность проведения детальных исследований орбитальной эволюции АСЗ.

Многоцветная фотометрия на телескопе Цейсс-1000 позволяет получать надежные оценки нескольких показателей цвета. Различия в оценках показателей цвета, в частности $V - R$, получаемых на разных телескопах, а также разными авторами, указывают на актуальность проведения многоцветной фотометрии АСЗ.

Полученные в настоящей работе результаты показывают возможности телескопа СБГ Коуровской астрономической обсерватории и телескопа Цейсс-1000 ИНАСАН при оперативном сопровождении и характеристике АСЗ. Точность позиционных наблюдений АСЗ на телескопе СБГ обеспечивает построение улучшенных орбит АСЗ. Многоцветные фотометрические наблюдения на телескопах СБГ и Цейсс-1000 позволяют надежно определять периоды осевого вращения АСЗ и их показатели цвета. Учитывая относительно короткие интервалы времени, в течение которых АСЗ доступны наблюдениям, в настоящей работе удалось получить первые оценки периода вращения астероида 2008 ТВ27 и показателей цвета АСЗ (12 711) Tukmit, (422 787) 2001 WS1, (560 563) 2015 HH10.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, темы: FEUZ-2023-0019 (проведение наблюдений на телескопе СБГ и их обработка), FEUZ-2020-0038 (проведение наблюдений на телескопе Цейсс-1000 и их обработка).

БЛАГОДАРНОСТИ

При выполнении наблюдений использовались телескопы: СБГ, входящий в УНУ «Коуровская астрономическая обсерватория», и Цейсс-1000, входящий в состав научного оборудования ЦКП «Терскольская обсерватория» ИНАСАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Э. Д. Кузнецов, Ю. З. Вибе, Д. В. Гламазда, Г. Т. Кайзер, и др. Научные труды Ин-та астрономии РАН 7(1), 62 (2022).
2. I. S. Izmailov, M. L. Khovricheva, M. Yu. Khovrichev, O. V. Kiyaeva, et al., *Astron. Letters* 36(5), 349 (2010).
3. T. Y. Galushina, L. E. Bykova, O. N. Letner, and A. P. Baturin, *Astron. and Comput.* 29, id. 100301 (2019).
4. В. В. Крушинский, Физика Космоса, Тр. 47-й Международной студенческой научной конференции, Екатеринбург, 29 января–2 февраля 2018 г.; ред. Э. Д. Кузнецов, Д. З. Вибе, А. Б. Островский, С. В. Салий, А. М. Соболев, К. В. Холшевников, Б. М. Шустов (Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018), с. 205.
5. K. Muinonen, I. N. Belskaya, A. Cellino, M. Delbò, A.-C. Levasseur-Regourd, A. Penttilä, and E. F. Tedesco, *Icarus* 209(2), 542 (2010).
6. D. A. Oszkiewicz, K. Muinonen, E. Bowell, D. Trilling, A. Penttilä, T. Pieniluoma, L. H. Wasserman, and M.-T. Enga, *J. Quant. Spectroscop. Radiative Transfer* 112(11), 1919 (2011).
7. Penttilä, V. G. Shevchenko, O. Wilkman, and K. Muinonen, *Planet. Space Sci.* 123, 117 (2016).
8. J. Lafler and T. D. Kinman, *Astrophys. J. Suppl.* 11, 216 (1965).
9. J. Ďurech, D. Vokrouhlický, P. Pravec, J. Hanuš, et al., *Astron. and Astrophys.* 609, id. A86 (2018).
10. M. Brozovic, L. A. M. Benner, C. Magri, S. J. Ostro, et al., *Icarus* 208(1), 207 (2010).
11. P. Pravec, P. Scheirich, P. Kušnirák, L. Šarounová, et al., *Icarus* 181(1), 63 (2006).
12. B. D. Warner, *Minor Planet Bull.* 50(3), 217 (2023).
13. B. D. Warner and R. D. Stephens, *Minor Planet Bull.* 49(2), 83 (2022).
14. C.-H. Lin, W.-H. Ip, Z.-Y. Lin, Y.-C. Cheng, H.-W. Lin, and C.-K. Chang, *Planet. Space Sci.* 152, 116 (2018).
15. С. Х. Абдуллоев, Н. Н. Куселев, Ш. Ш. Шамсиддинов, *Астрон. вестн.* 55(5), 403 (2021).
16. M. Hicks, K. Lawrence, J. Somers, and A. McAuley, *Astron. Telegram № 2488*, 1 (2010).

DETERMINATION OF DYNAMIC AND PHYSICAL CHARACTERISTICS OF NEAR-EARTH ASTEROIDS BASED ON OBSERVATIONS FROM 2022–2023

E. D. Kuznetsov¹, Yu. Z. Wiebe¹, D. V. Glamazda¹, G. T. Kaiser¹,
V. V. Krushinsky¹, M. S. Kryuchkov², S. A. Naroenkov², A. S. Perminov¹

¹Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²Institute of Astronomy of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Astrometric and multicolor photometric observations of near-Earth asteroids have been made at the SBG telescopes of the Kourouka Astronomical Observatory of the UrFU and the Zeiss-1000 telescope of the Simeiz Observatory in 2022–2023. Improved orbital elements were obtained for seven asteroids from astrometric observations at the SBG telescope. Axial rotation periods were estimated from photometric observations for seven asteroids. Color indices for six asteroids were obtained from photometric observations in *B*, *V*, *R*, and *I* filters.

Keywords: asteroids, astrometric observations, photometric observations, improved orbital elements, light curves, rotation periods, color indices