



Н.Н. Самусь

*Институт астрономии РАН,
Гос. астрономический институт им. П.К. Штернберга
и Астрономическое Общество*

ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ И ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Курсы «Астрономия в современной школе»,
Москва, ГАИШ, 30 июня 2014 г.

Я собираюсь продемонстрировать:

- что исследования переменных звезд интересны для всех возрастов;
- что астрономы – профессионалы и любители, не имеющие больших телескопов и сложной аппаратуры, способны принести пользу науке в области исследований переменных звезд;
- что даже не занимаясь собственными наблюдениями, а ограничиваясь использованием открытой для всех информации из Интернета, тоже можно сделать немало.

КРИВЫЕ БЛЕСКА

$T_1 \ m_1$

$T_2 \ m_2$

$T_3 \ m_3$

...

$T_N \ m_N$

Поправка «Приведение к центру Солнца»:

$$\Delta t = -0^d.0058 \cos \beta \cos(L_{\odot} - \lambda)$$

Элементы изменения блеска

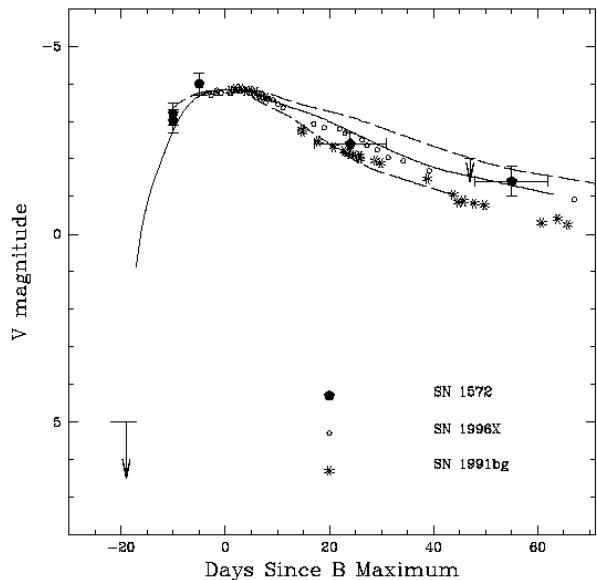
$$T_E = T_0 + P_0 \times E.$$

Фазы:

$$\Phi = \text{Fract} \{(T - T_0)/P_0\}$$



«Звезды-гости» – европейская история



Комета Хейла–Боппа
(1997)



Кривая блеска (по Р. Лапуэнте)
и рентгеновский остаток
сверхновой Тихо Браге (1572)



Тихо Браге
(1546–1601)

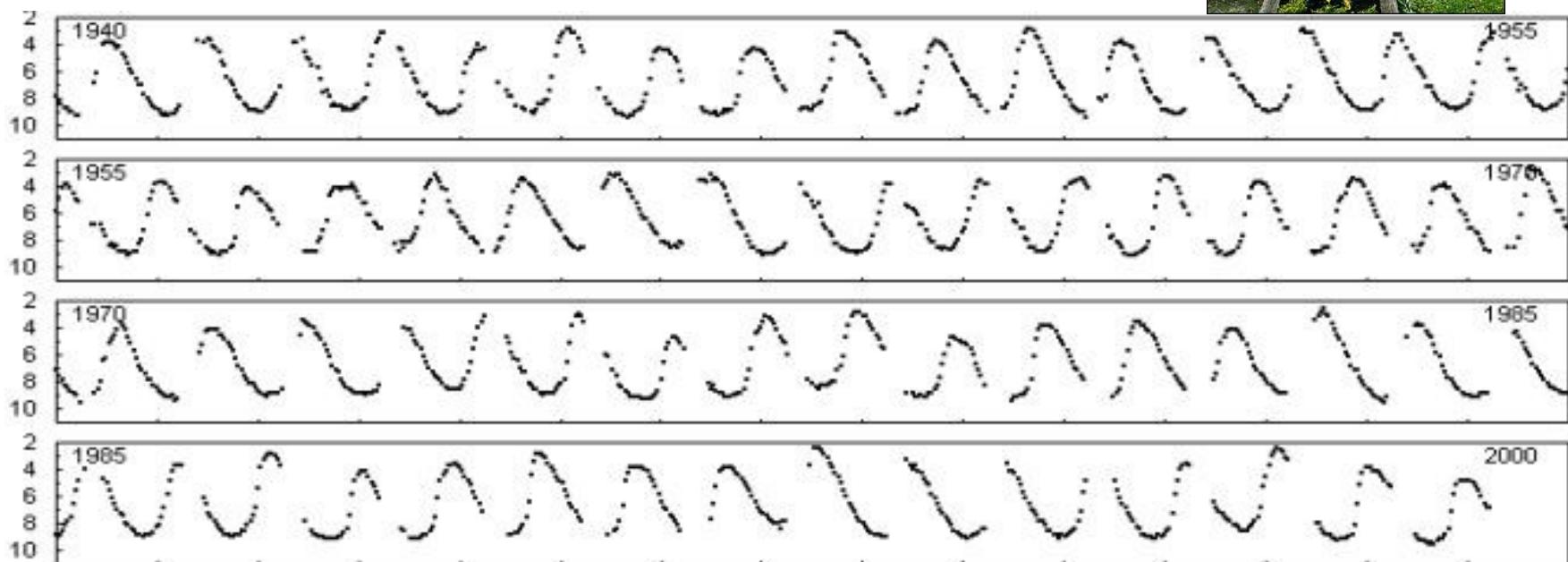
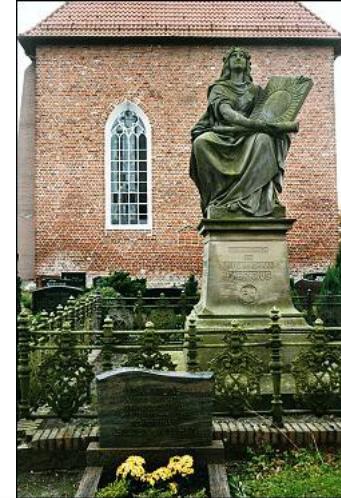
表

號數	原文	書名	時間	星座	α	δ	l	b	附註
1	七日己巳夕旦生新大星并火。	殷墟甲骨文	約公元前十四世紀						
2	辛未燄新星。	殷墟甲骨文	約公元前十四世紀						
3	周景王十三年春有星出婺女。	竹書紀年	532 B.C.	寶瓶座	20 ^h 40 ^m	-10°	5°	-31°	左傳和史記內均有記載。
4	秦始皇卅三年明星出西方。	漢書和文獻通考	204 B.C.	牧夫座 α 星附近	14 20	+20	346	+66	可能是再發新星。
5	漢高帝三年七月有星孛於大角，旬餘乃入。	漢書	134 B.C.	天蠍座	15 40	-25	313	+20	這是中西史上皆有記載的第一顆新星。
6	漢元光元年六月客星見於房。	漢書	77 B.C.	大熊座	11 36	+60	103	+55	Williams 和 Biot 有考證，在 NGC 3587 附近。
7	漢元鳳四年九月客星在紫宮中斗樞極間。	漢書	76 B.C.	雙魚座	1 20	+25	101	-36	Williams, Biot, Lundmark 有考證。
8	漢元鳳五年四月燭星見奎婁間。	漢書和文獻通考	69 B.C.						
9	漢地節元年正月，有星孛於西方，去太白二丈所。	漢書	48 B.C.	人馬座 μ 星之東	18	-25	335	-4	Williams, Biot, Lundmark 有考證，在 NGC 6578 附近。
10	漢初元年四月客星大如瓜，色青白，在南斗第二星東可四尺。	漢書	5 B.C.	天鷹座 α 星附近	19 40	+10	16	-8	可能是射電源。
11	漢哀帝建平二年二月，彗星出牽牛。七十餘日。	後漢書嚴光傳	29 A.D.	武仙座 α 星附近	17 20	+15	5	+24	可能是再發新星。
12	後漢建武五年客星犯帝座。	後漢書古今注	70 A.D.	獅子座	10	+20	184	+54	Biot 和 Lundmark 有考證。
13	後漢永平十三年冬十一月客星出於軒轅四十八日。	東漢會要、後漢書和文獻通考	101年12月30日	天貓座 40 星附近	9 20	+35	158	+47	Williams 和 Lundmark 有考證，但他們所確定的位置不對。
14	後漢永元十三年冬十一月乙丑軒轅第四星間有小客星，色青黃。	通志災祥略、東漢會要	107年9月13日	大犬座 δ 星附近	7	-25	205	-8	Biot 和 Lundmark 有考證，在 NGC 2452 附近。
15	後漢永初元年秋八月戊申客星在東井弧星西南。	通志、文獻通考和後漢書	125年12月	蛇夫座	17 20	0	350	18	
16	後漢延光四年冬十一月客星見天市。	後漢書和文獻通考	185年12月7日至186年7月	半人馬座 α, β 間	14 20	-60	282	0	ШКЛОВСКИЙ 認爲是超新星，並且是射電源。近伏爾夫-拉葉星 -61°44'31"。
17	後漢中平二年十月癸亥，客星出南門中，大如半筵，五色喜怒，稍小，至後年六月消。								

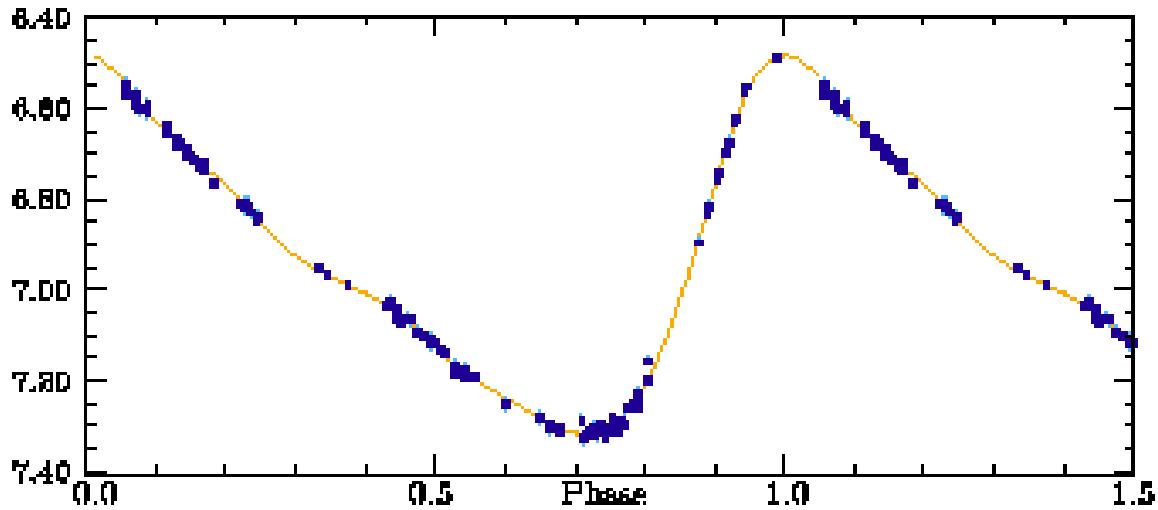
“Звезды-гости” по китайским летописям (Хи Тсесун, 1955). В этом каталоге 90 событий, знаменитая сверхновая 1054 г., породившая Крабовидную Туманность – под номером 60

НАЧАЛО НАУКИ О ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗДАХ (1595 – 1609)

Справа – памятник отцу и сыну –
Давиду и Иоганну Фабрициусам
(Goldschmidt?) в Остеле (Германия)



Мира Кита – первая (помимо Новых и Сверхновых)
переменная звезда, найденная астрономами. Кривая
блеска за последние 60 лет по данным AAVSO



Кривая блеска типичной цефеиды R Южного Креста ($P=5.8$ d) по наблюдениям космического аппарата Hipparcos (Европейское Космическое Агентство)

Выдающаяся роль цефеид в астрофизике обусловлена существованием зависимости период–светимость, которую в 1908 г. открыла Генриетта Ливитт (фото справа). Эта зависимость лежит в основе определения расстояний во Вселенной.





Радиальные пульсации звезды



Пример нерадиальных пульсаций звезды

Виды фотометрических исследований переменных звезд,
доступные астрономам на малых обсерваториях:

- ❖ Визуальные наблюдения – самые эффектные, дающие чувство близости к небу, к реальным изменениям. Хорошая точность моментов событий, умеренно хорошая точность фотометрии у опытных наблюдателей. Скепсис редакторов...
- ❖ Фотографические наблюдения. Если не ведется специальное слежение за звездой, проблемы с точностью моментов. Проблема единства фотометрической системы. Точность фотометрии примерно та же. *Получаем документ.*
- ❖ ПЗС-наблюдения. Самые точные. Увы, нередко – в неопределенной фотометрической системе. В целом здесь любители не уступают профессионалам. Фотоэлектрия еще точнее, но дает единственный объект. Проблема хранения больших объемов информации.
- ❖ Data mining – для тех, кому компьютер заменяет небо...
Everyone is invited!



В научном центре Ка-Дар в Московской области любители проводят ПЗС-наблюдения на современном уровне в тесном сотрудничестве с профессионалами

Файл Правка Вид Избранное Сервис Справка



Адрес: http://www.astrouw.edu.pl/asas/?page=acvs

Google

The ASAS Catalogue of Variable Stars

Enter ID or RA Dec	Radius	ID mode	Show
<input type="text"/>	2 <input type="text"/>	<input type="radio"/> arc sec <input checked="" type="radio"/> arc min <input type="radio"/> deg	<input type="radio"/> like given <input type="radio"/> exactly <input type="radio"/> use radius <input type="radio"/> all <input checked="" type="radio"/> 25 <input type="radio"/> 10
Help me!			
Select variability types			Options CLEAR
Searching now includes ALL types.			
Eclipsing <input type="checkbox"/> EC <input type="checkbox"/> ESD <input type="checkbox"/> ED	Pulsating (periodic) <input type="checkbox"/> ACV <input type="checkbox"/> BCEP <input type="checkbox"/> CW <input type="checkbox"/> MIRA	Other <input type="checkbox"/> DCEP-FU <input type="checkbox"/> DCEP-FO <input type="checkbox"/> RRAB <input type="checkbox"/> RRC	GOVS <input type="checkbox"/> MISC <input type="checkbox"/> <input type="text"/> <input type="checkbox"/> <input type="text"/> <input type="checkbox"/> <input type="text"/>
		<input type="radio"/> OR <input type="radio"/> AND <input type="radio"/> anywhere <input type="radio"/> first <input type="radio"/> only	Search
Help me!			
Select columns to show or sort by			Output

Обзор ASAS-3 и его каталог

Файл Правка Вид Избранное Сервис Справка

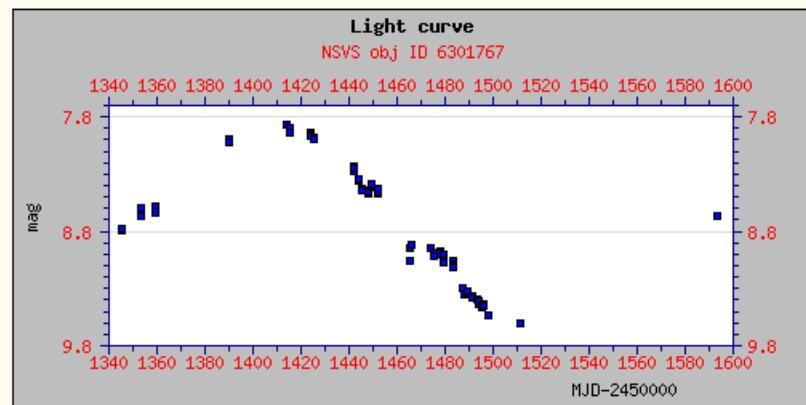
← Назад → ⌂ Помощь Извлечение Медиа ⌂ ⌂

Адрес: http://skydot.lanl.gov/nsvs/star.php?num=6301767&mask=32004 ⌂ Перенос Ссылки »

NSVS catalog entry: Object ID 6301767

After flag rejection there are 72 points to display

Position (J2000.0)	Photometry		
HTM ID (depth 14) 4202521736	Median ROTSE Mag	8.795	
RA 0:22:23.13	Mag Scatter	0.562	
DEC 26:59:47.08	Median Error	0.01	
RA dec (deg) 5.59637	total N points	215	
DEC dec (deg) 26.99641	N good points	72	
RA err (arc sec) 0.32	N no flip	215	
-----	-----	-	



MJD-50000	mag	err	flags
1345.397233	8.795	0.01	2
1345.398253	8.771	0.01	2
1353.341316	8.667	0.01	2
1353.341636	8.593	0.01	0
1359.301846	8.581	0.01	0
1359.302156	8.631	0.01	0
1390.240116	7.998	0.01	0
1390.240436	8.026	0.01	2
1414.192106	7.867	0.01	0
1415.326376	7.901	0.01	2
1415.380926	7.944	0.01	2
1424.199436	7.943	0.01	2
1424.199766	7.947	0.01	2
1424.257536	7.953	0.01	2
1424.257846	7.966	0.01	2
1425.255176	7.975	0.01	2
1425.255496	7.994	0.01	2
1442.126486	8.272	0.01	2
1442.126806	8.271	0.01	2
1442.181236	8.229	0.01	2
1442.181556	8.251	0.01	0
1444.178726	8.36	0.01	2

Готово

Интернет

Что такое data mining – NSVS в Интернете. Показана кривая блеска красной переменной звезды T And.



С самого начала 2012 г. открыт доступ к фотометрии обзора неба Catalina (телескопы Шмидта диаметром 50 – 70 см; до конца 2012 г. – северное небо, а затем и южное, кроме полосы Млечного Пути и районов полюсов мира; рабочие звездные величины от 13 до 19)

A S A S, N S V S и C atalina в интернете

- **ASAS**

<http://www.astroww.edu.pl/~gp/asas/asas.html>
<http://archive.princeton.edu/~asas/>

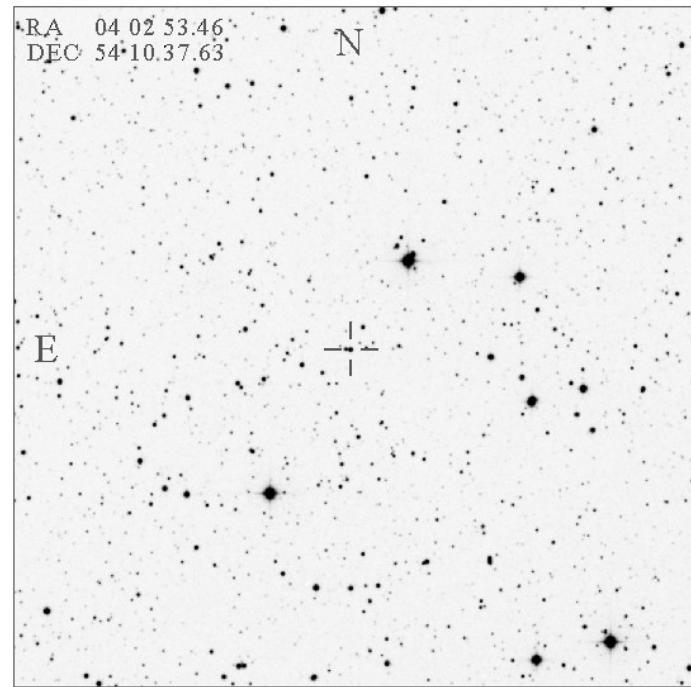
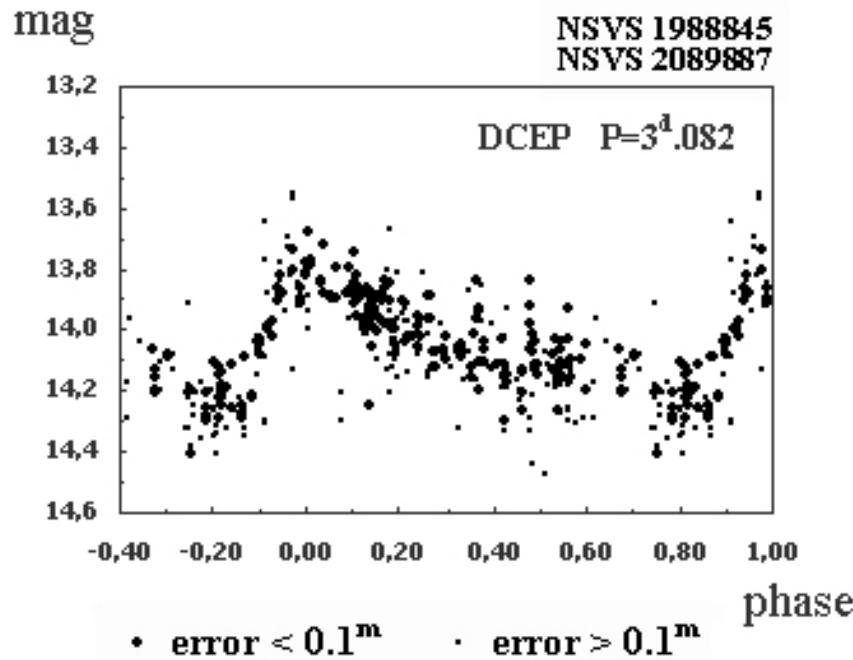
- **NSVS**

<http://skydot.lanl.gov/nsvs/nsvs.php>

- **Catalina**

[http://nunuku.cacr.caltech.edu/cgi-bin/
getcssconedb_release_img.cgi](http://nunuku.cacr.caltech.edu/cgi-bin/getcssconedb_release_img.cgi)

NSVS 2089887



Новая цефеида, которую открыл, во взаимодействии с астрономами ГАИШ, методами data mining Антон Хруслов, в то время тульский преподаватель музыки и любитель астрономии (ныне – аспирант ИНАСАН)



«Труба звездных пульсаций» Золтана Коллата



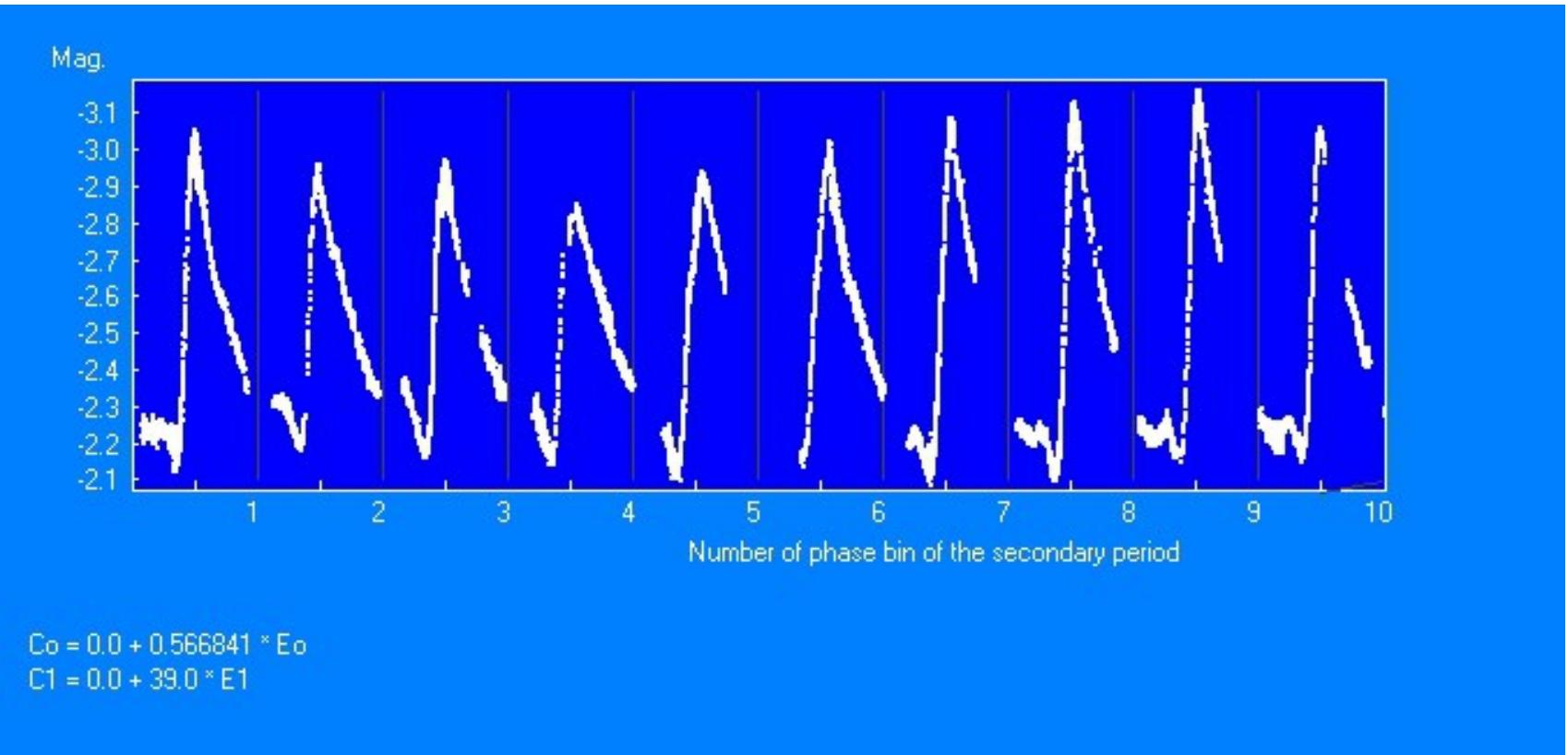
Золтан Коллат



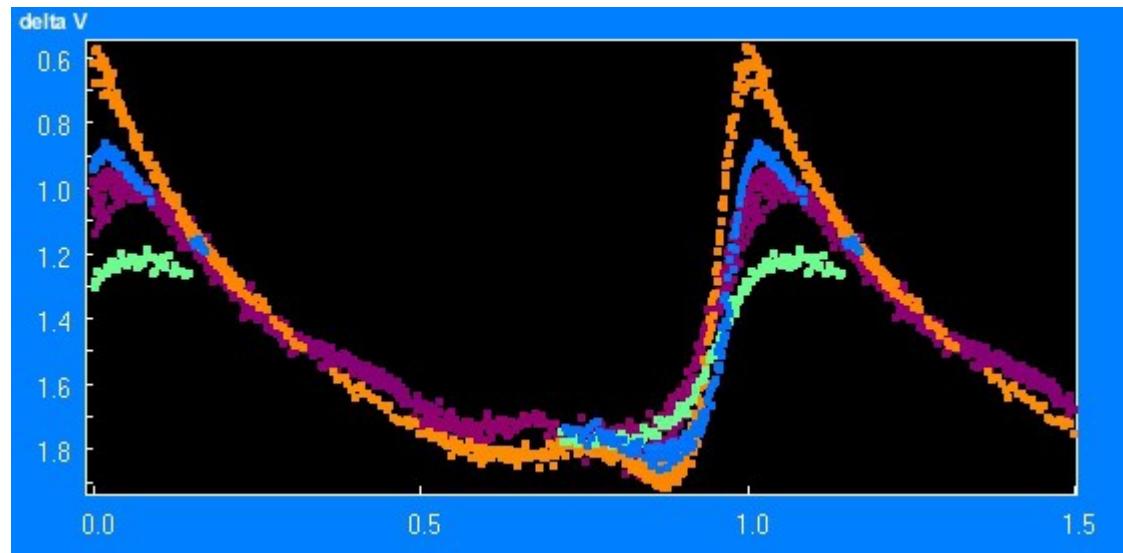
Труба органа и звездная «труба»



Пульсации звезд типа RR Лиры в шаровом скоплении
M3



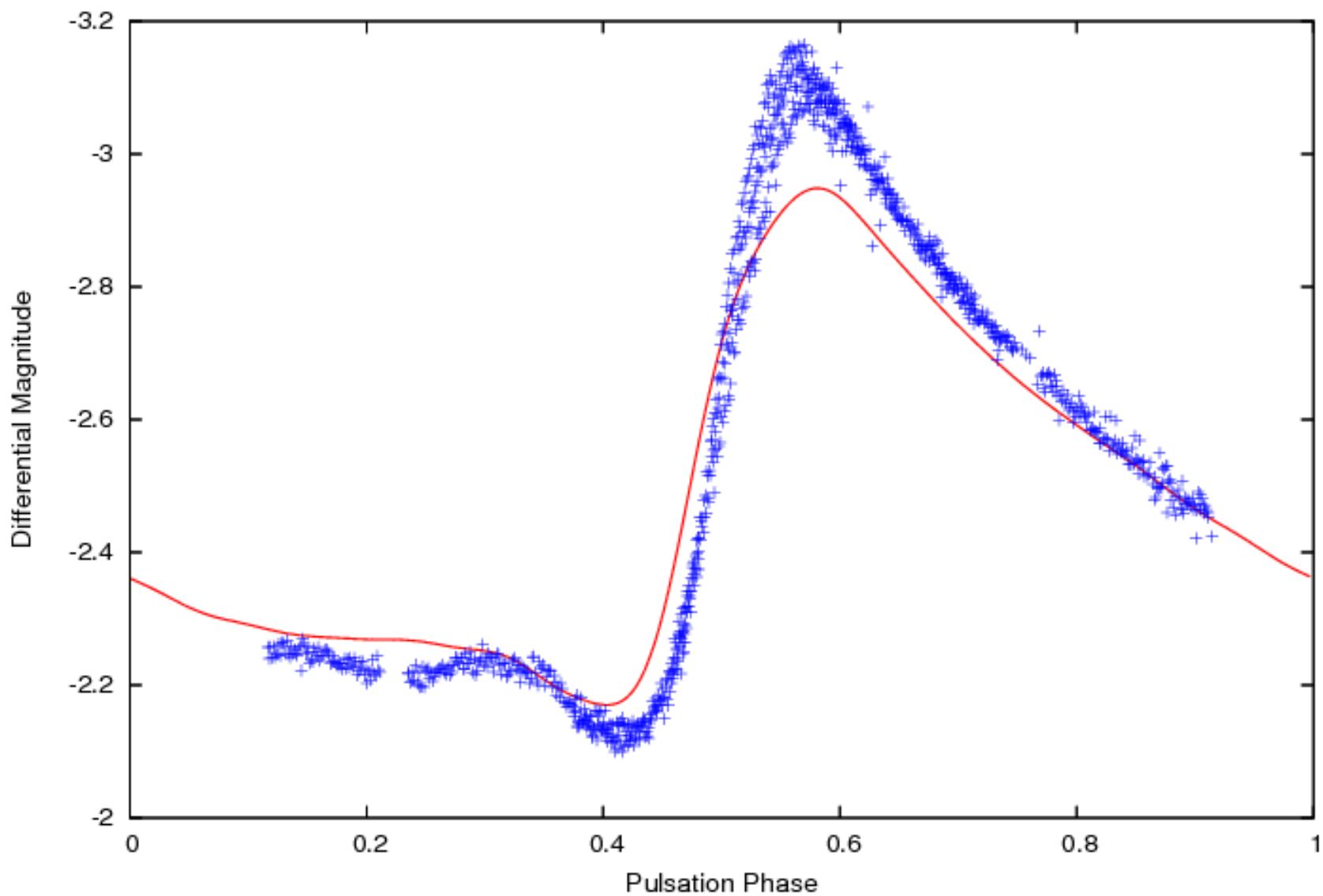
Индивидуальные циклы RR Лиры в 2004 г. (Хорас Смит, США).

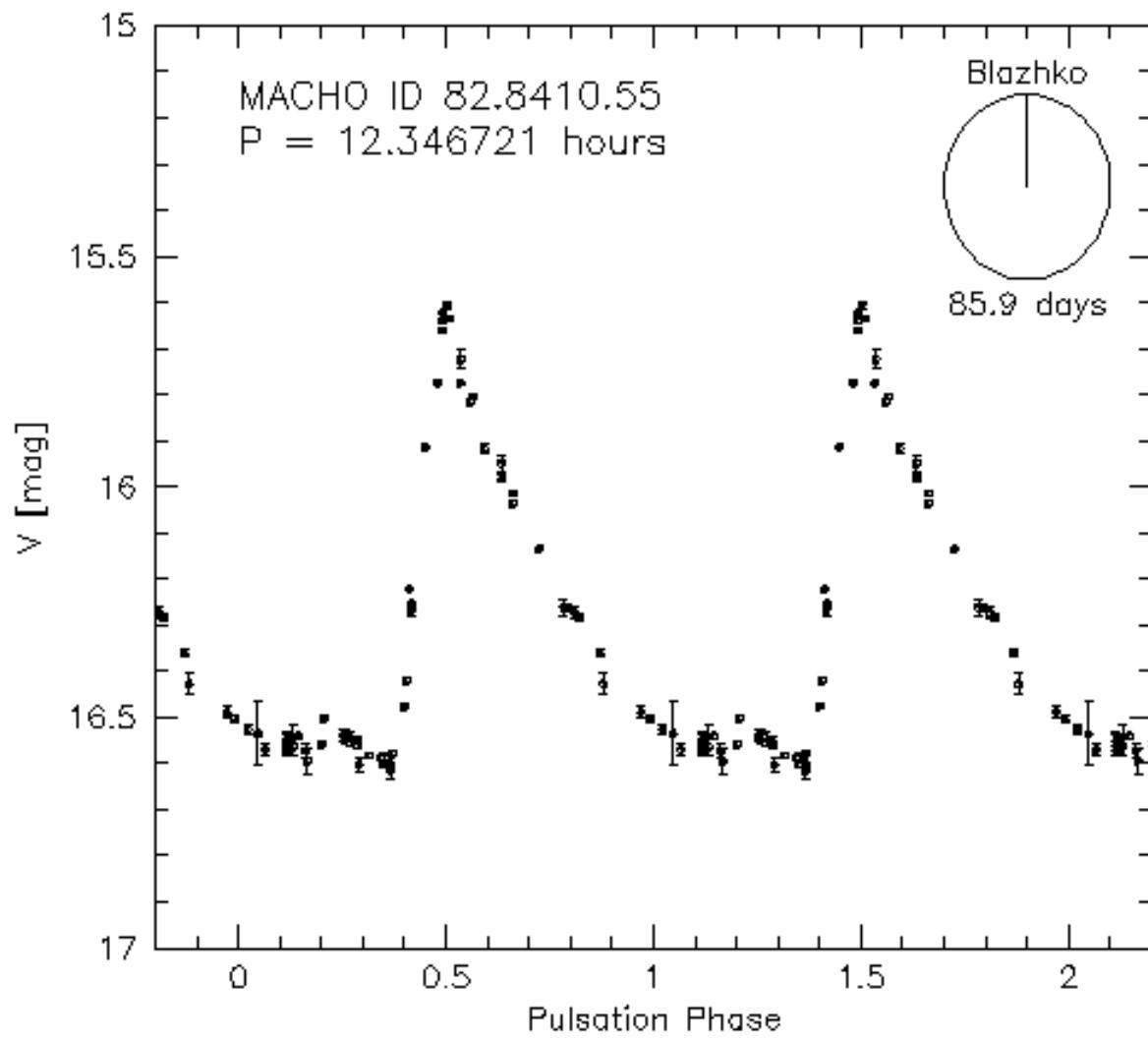


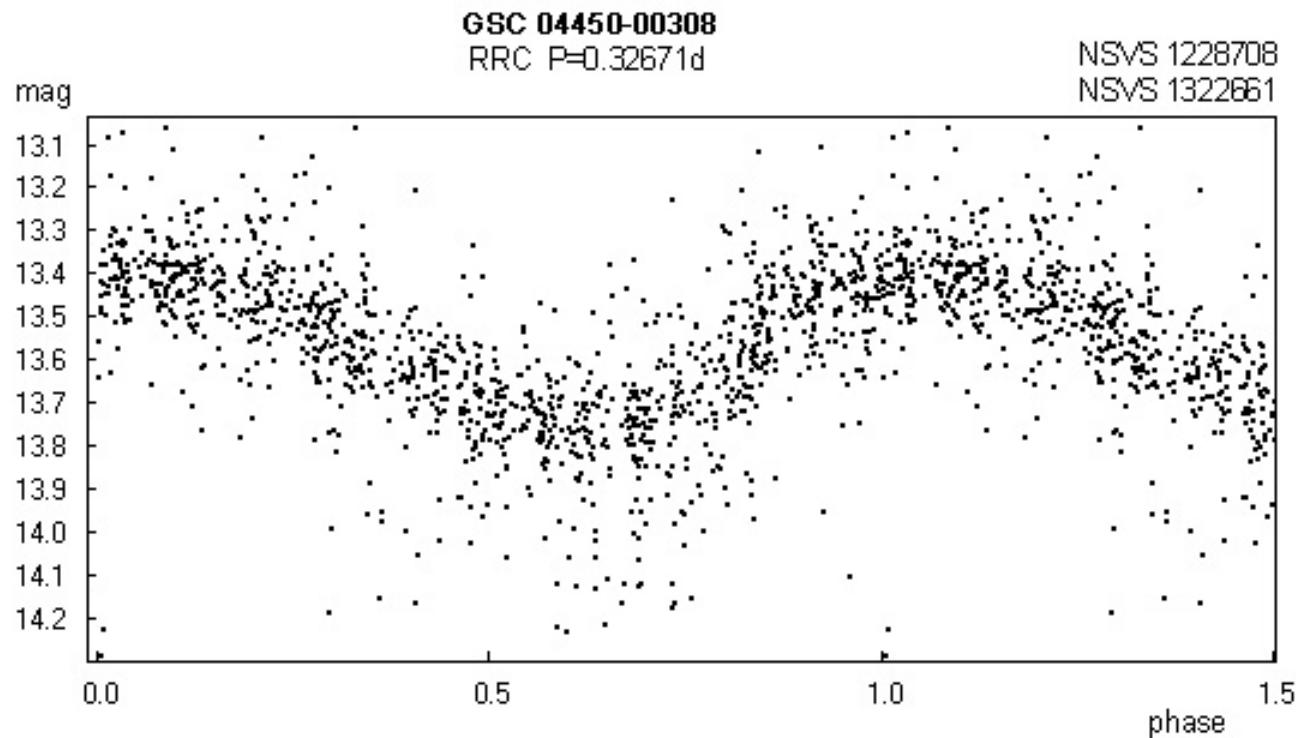
S.N. Blazhko
(1870–1956)

Новая переменная типа RR Лиры с эффектом Блажко, открытая в ГАИШ
С.В. Антипиным и др. (2005, 2007)

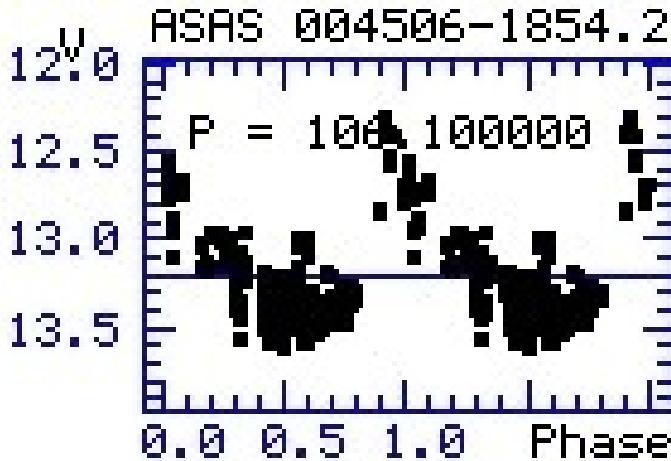
Light variations at different Blazhko Phases



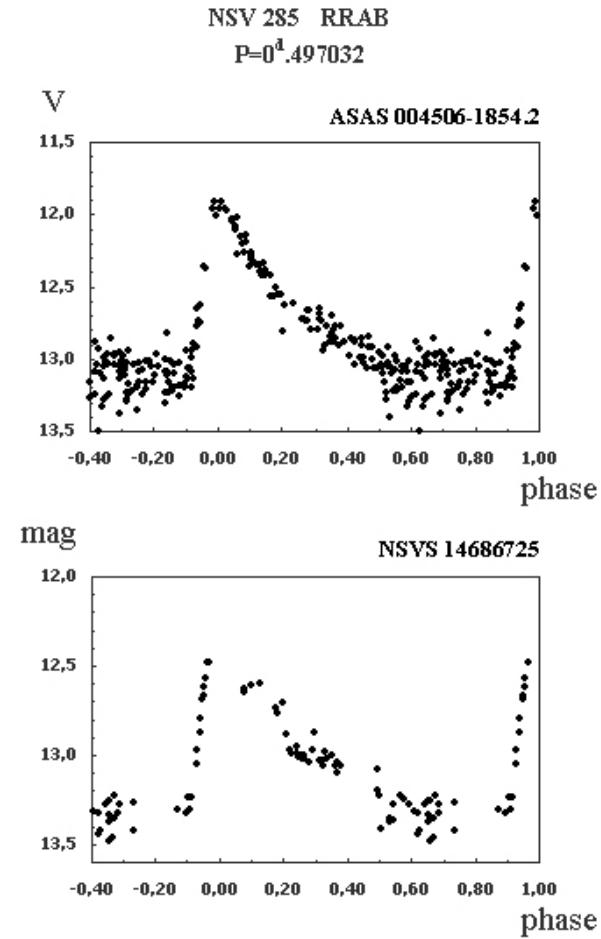




Новая переменная типа RR Лиры – открытие московского любителя М. Кузьмина



Одна из самых
долгопериодических цефеид
Галактики в галерее кривых
блеска ASAS-3



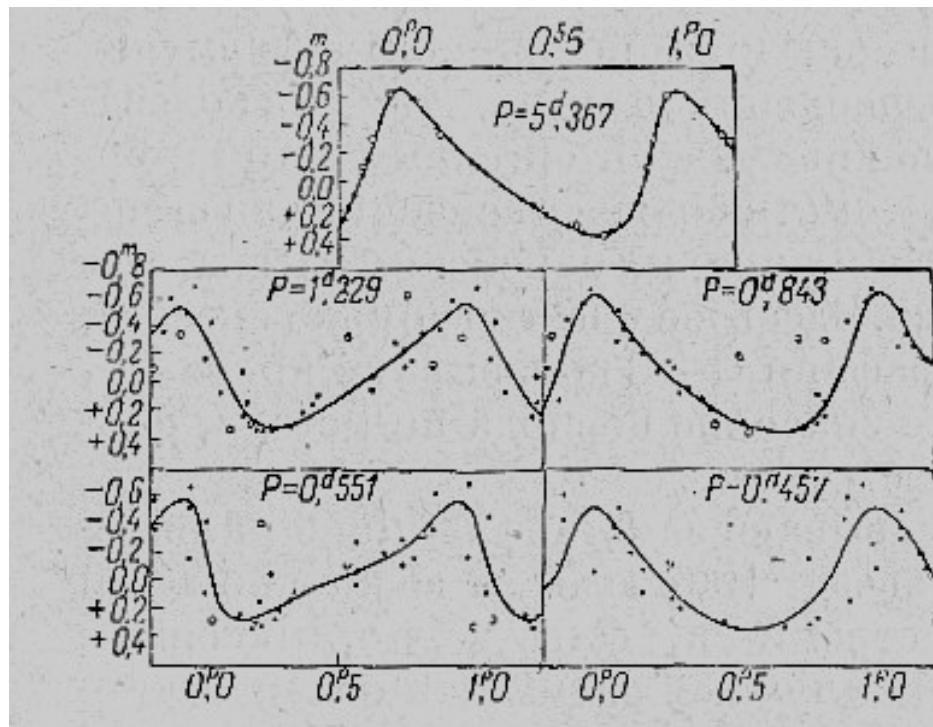
Та же звезда с верным
периодом (тульский
любитель астрономии
А.В. Хруслов)

ЛОЖНЫЕ СУТОЧНО-СОПРЯЖЕННЫЕ ПЕРИОДЫ

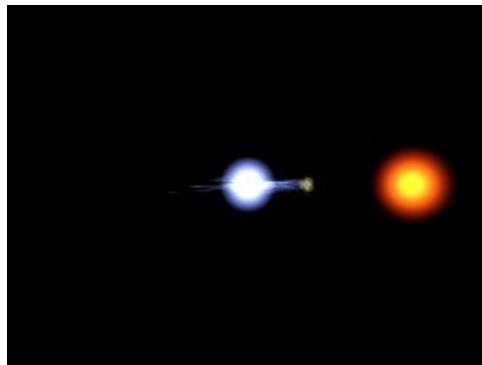
$$(k \pm n)P' = kP = 1$$

$$1/P' = 1/P \pm n.$$

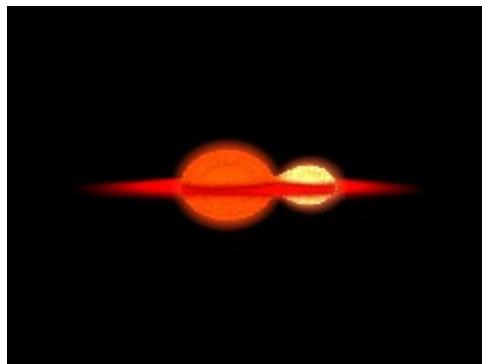
Пример – кривые блеска δ Цефея



ЗАТМЕННЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ



Система β Персея (Алголь)

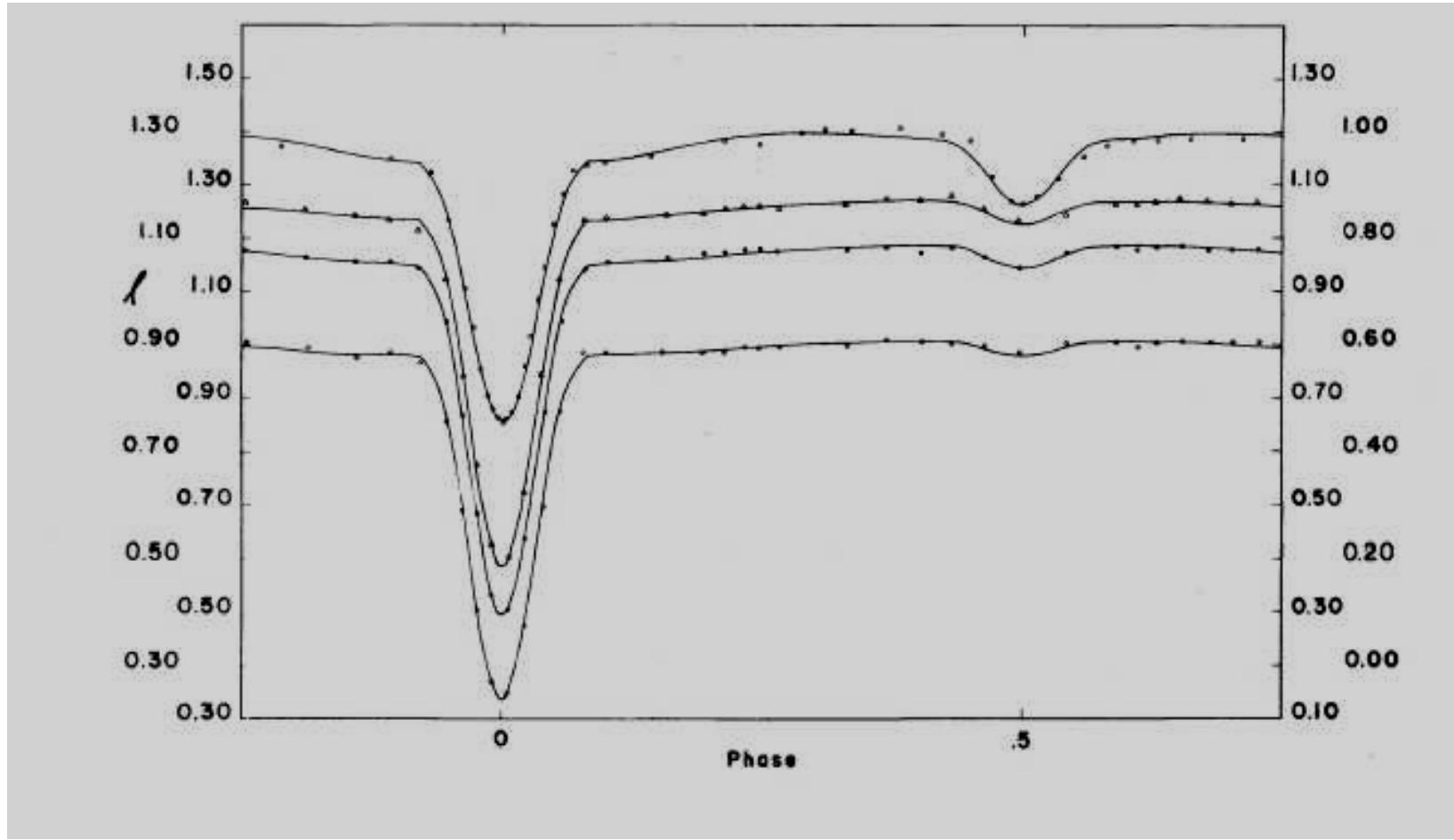


Система β Лиры

«... Я наблюдал [Алголь] еще примерно час и не мог поверить, что он меняет блеск, ибо никогда не слышал, чтобы звезда изменяла блеск столь быстро». – 12 ноября 1782 г.

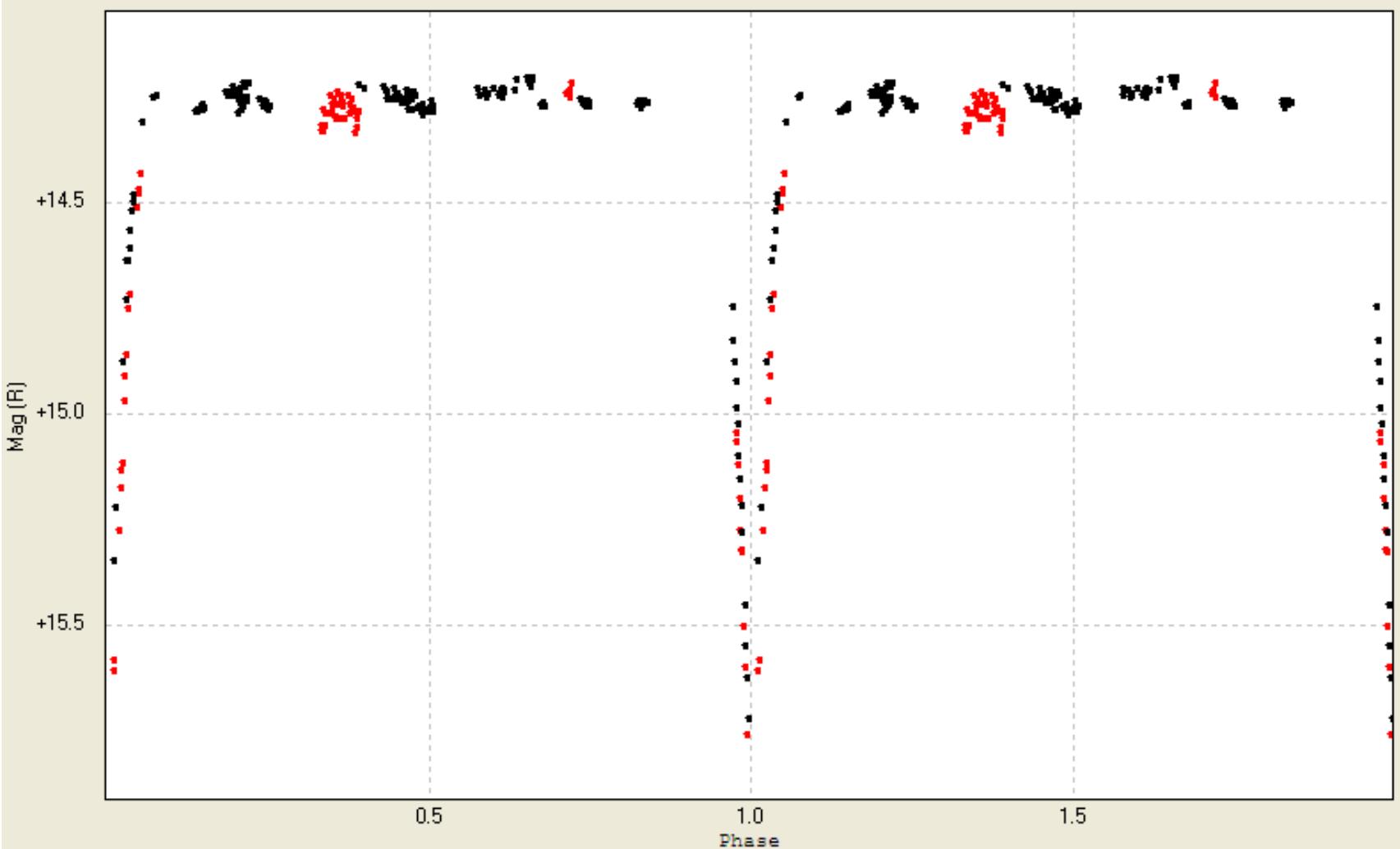


Джон Гудрайк (1764–1786)



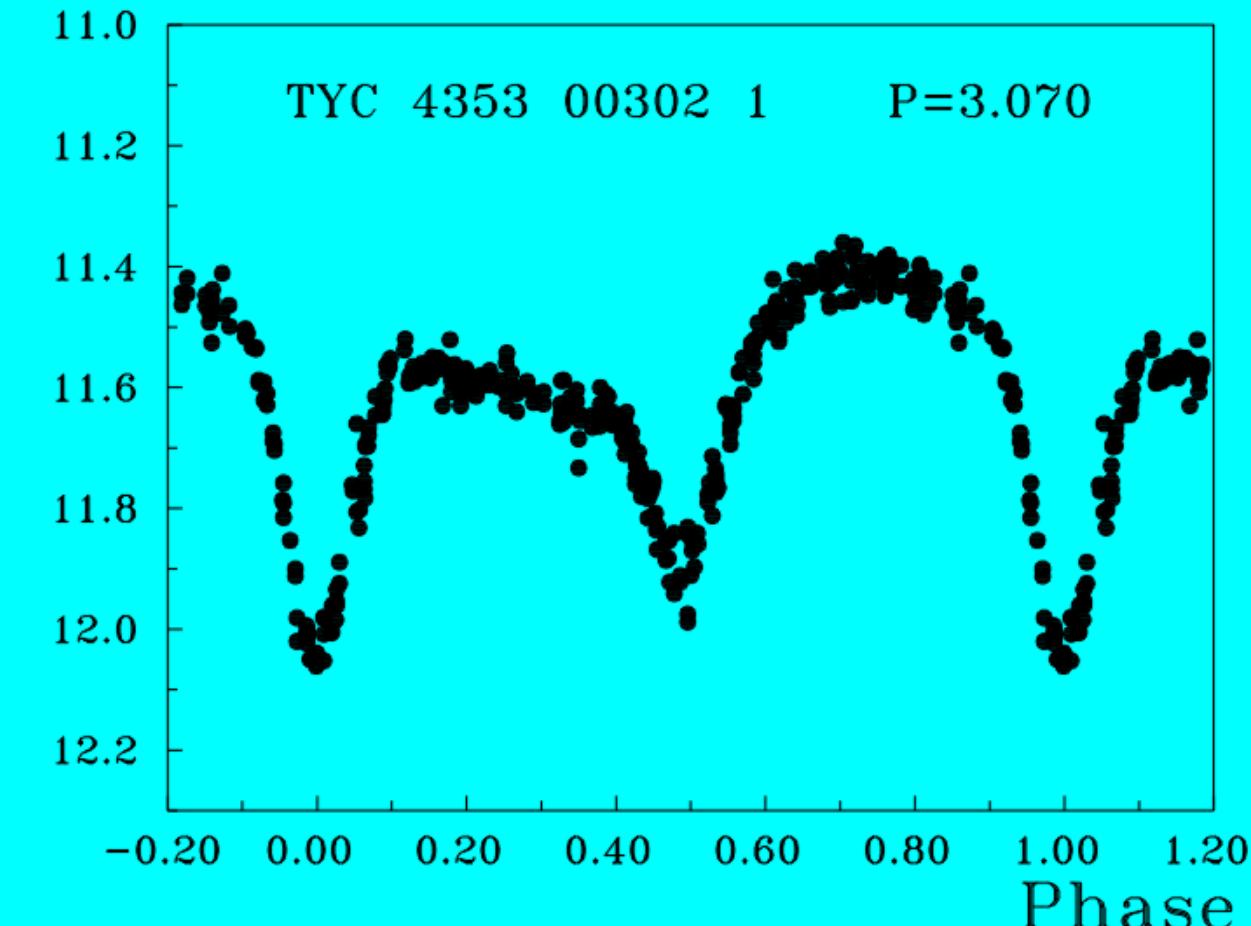
Изменения блеска Алголя и их представление моделью, позволяющее определить параметры звезд (в самом полном виде – при наличии лучевых скоростей).

USNO-A2.0 1275-05558170 phase curve

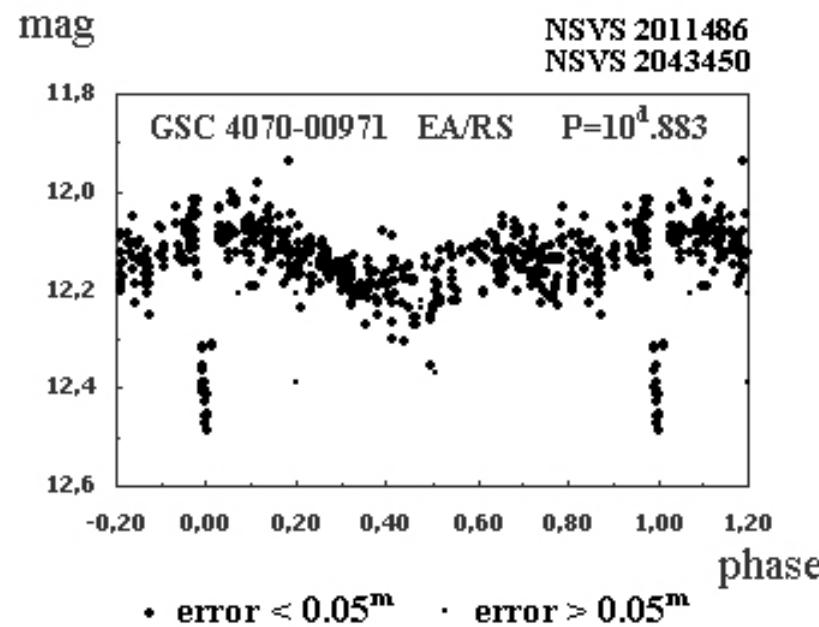


Прекрасная ПЗС-фотометрия Т. Крячко, А. Самохвалова и
Б. Сатовского на любительском телескопе с дистанционным
управлением на Северном Кавказе («Астротел-Кавказ»)

mag



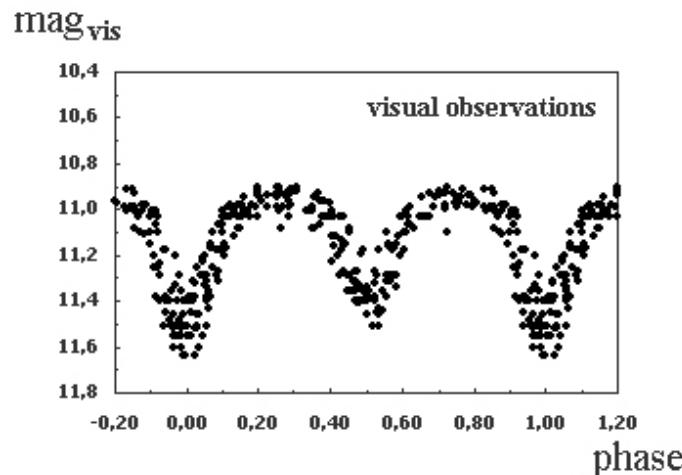
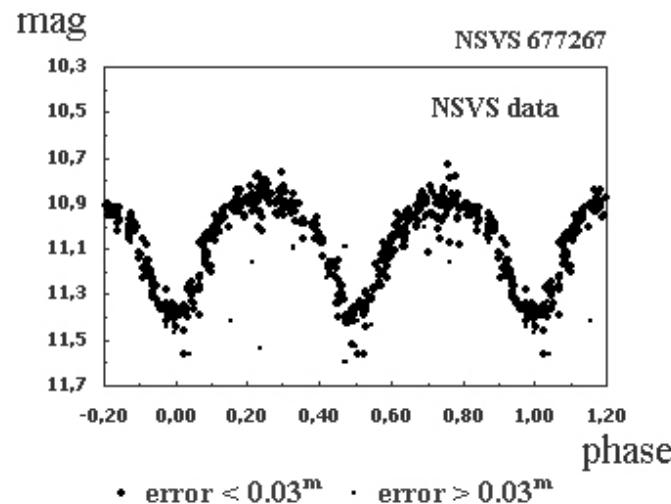
Новый алголь с эффектом RS Гончих Псов, обнаруженный по данным NSVS Антоном Хрусловым (Тула). Звезды типа RS Гончих Псов переменны за счет пятен, так меняет блеск и Солнце!



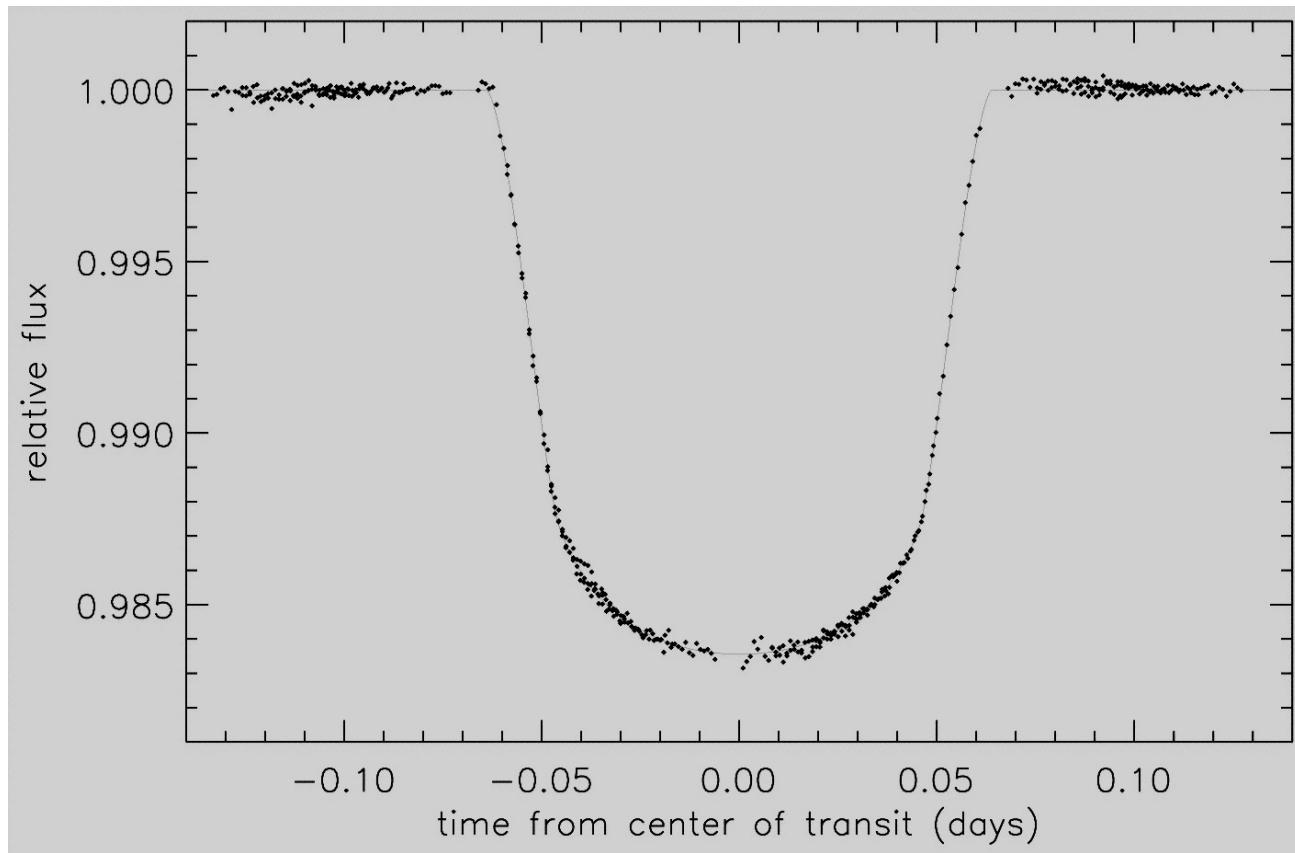
Затменная + RS CVn. А. Хруслов, data mining

TYC 4360-01210-1 EW

P=0^d.328207



А. Хруслов, будучи любителем, сочетал data mining с визуальными наблюдениями



Кривая блеска прохождения планеты по диску звезды V376
Пегаса по наблюдениям Космического телескопа им. Хаббла
(Т. Браун и др., 2001)



Космический телескоп им. Э. Хаббла (зеркало 2.4 метра, запущен в 1990 г. в США, работает до сих пор)

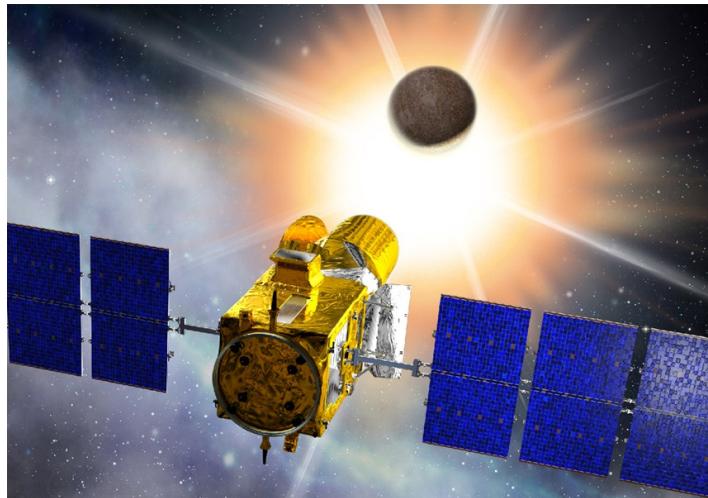
Новые ИСЗ смогут открыть миллионы новых переменных.

Примеры:

Corot (ЕКА): запущен в декабре 2006 г. Прекрасные кривые блеска, множество открытий переменных (не основная задача, кроме транзитов экзопланет).

Kepler (НАСА): запущен в марте 2009 г. Постоянно следит более чем за 150000 звезд.

Другие миссии на орбите или готовятся (GAIA, Лира...)



ИСЗ Corot

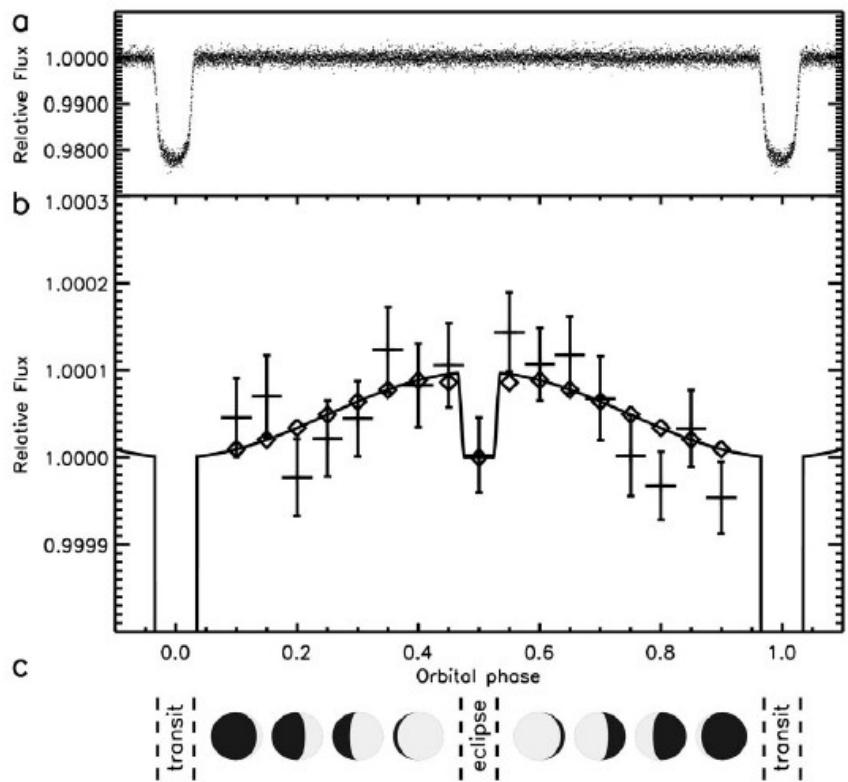


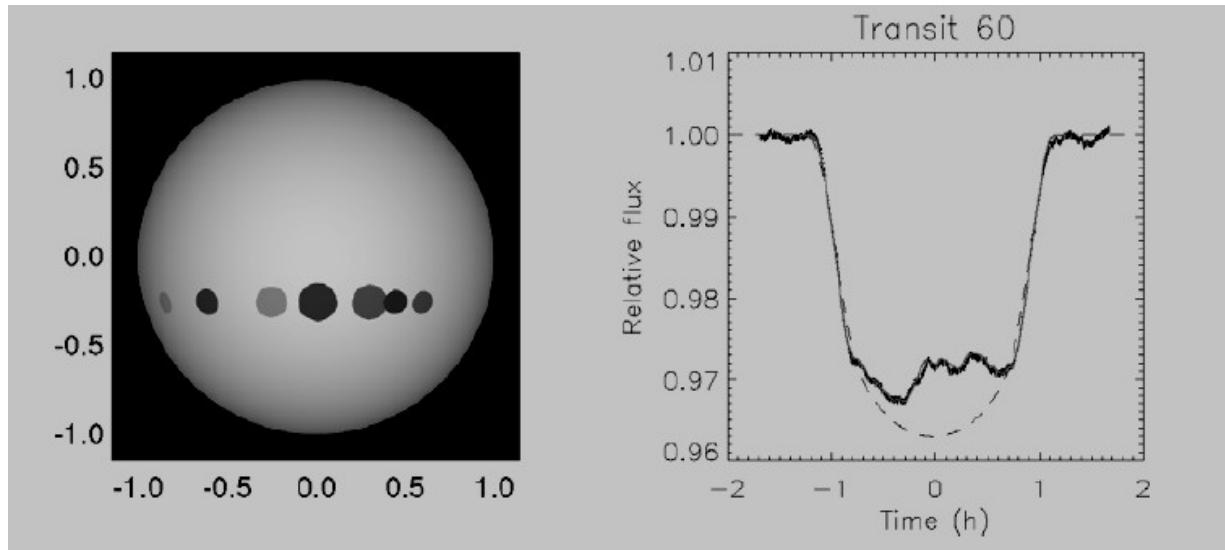
ИСЗ Kepler



Запуск ИСЗ Corot
российской ракетой

Телескоп – всего 27 см!
Основные задачи Corot:
– Астросейсмология
– Поиск экзопланет





Данные CoRoT позволяют заметить и картировать группы звездных пятен при прохождении по ним экзопланеты (А. Валио, 2011).



Телескоп миссии Кеплер имеет диаметр 95 см. Он постоянно следит за полем на границе созвездий Лебедя, Лиры и Цефея.

На январь 2013 г. список на сайте проекта содержит 2740 кандидатов в экзопланеты (заявлено о десятке тысяч открытых), подтверждено 105, самая маломассивная из них больше Земли по массе менее чем вдвое, а то и вовсе меньше Земли.

Миссия KEPPLER

42 ПЗС, 2200×1024

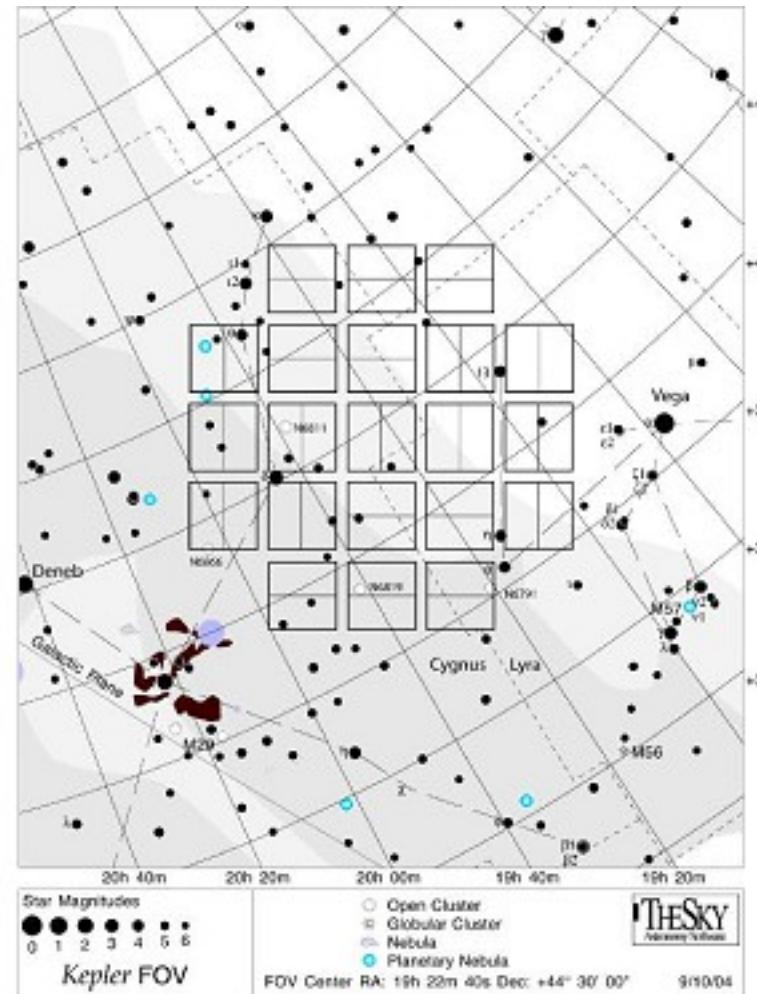
более 150 000 звезд

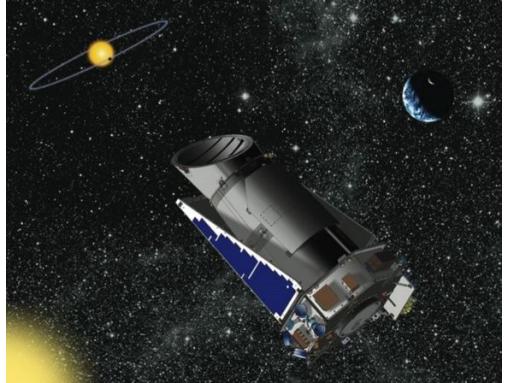
Ожидаемое время работы: 3.5
года

Способен зарегистрировать
транзит планеты земного
типа у звезды, подобной
Солнцу, на уровне 4σ

К 2012 г. было открыто 2165
затменных переменных звезд.

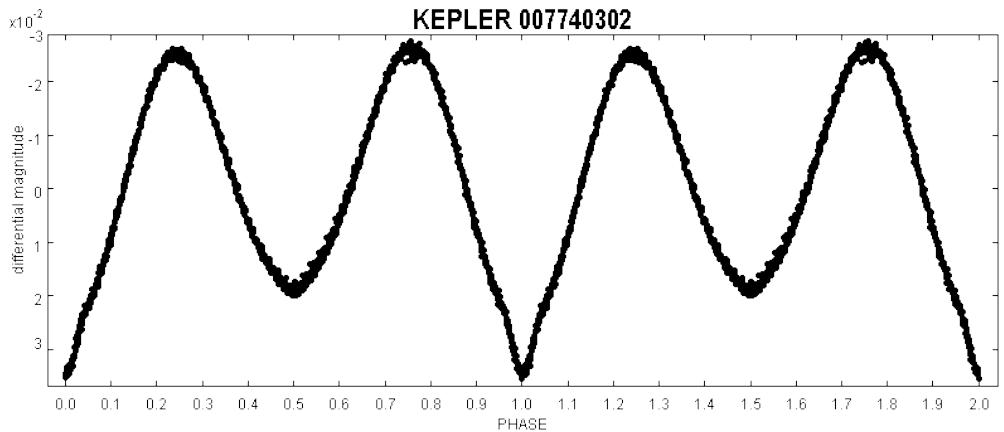
Чередование циклов RR Лиры:
период около полусуток, при
наземных наблюдениях найти
нельзя!



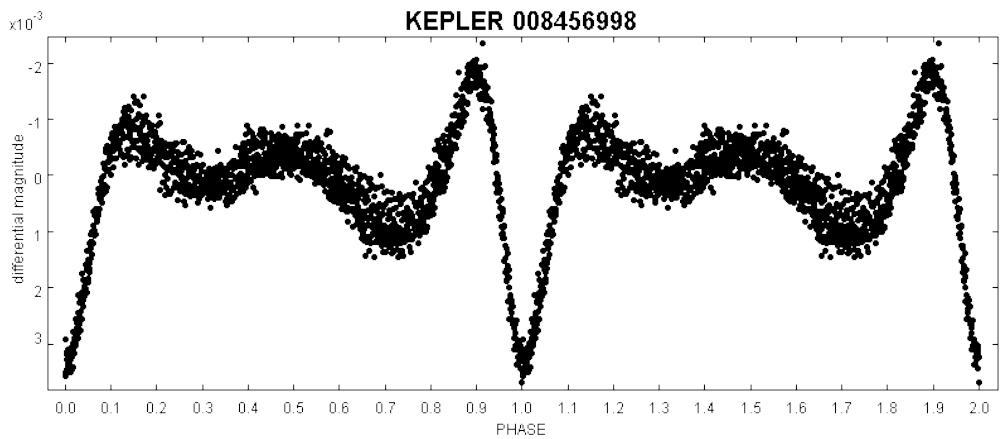


Две новых переменных Kepler

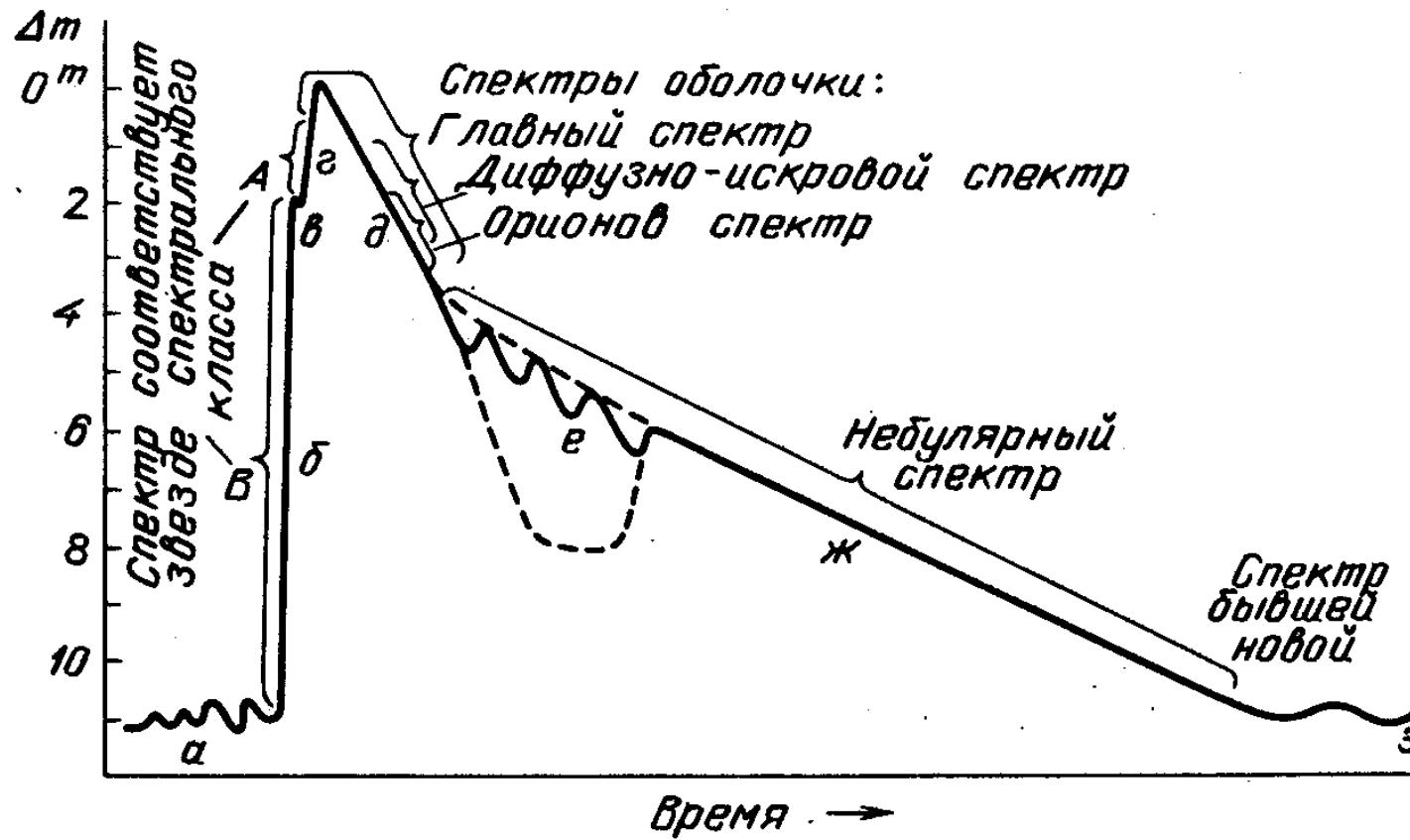
Ампл. = $0^m.06$

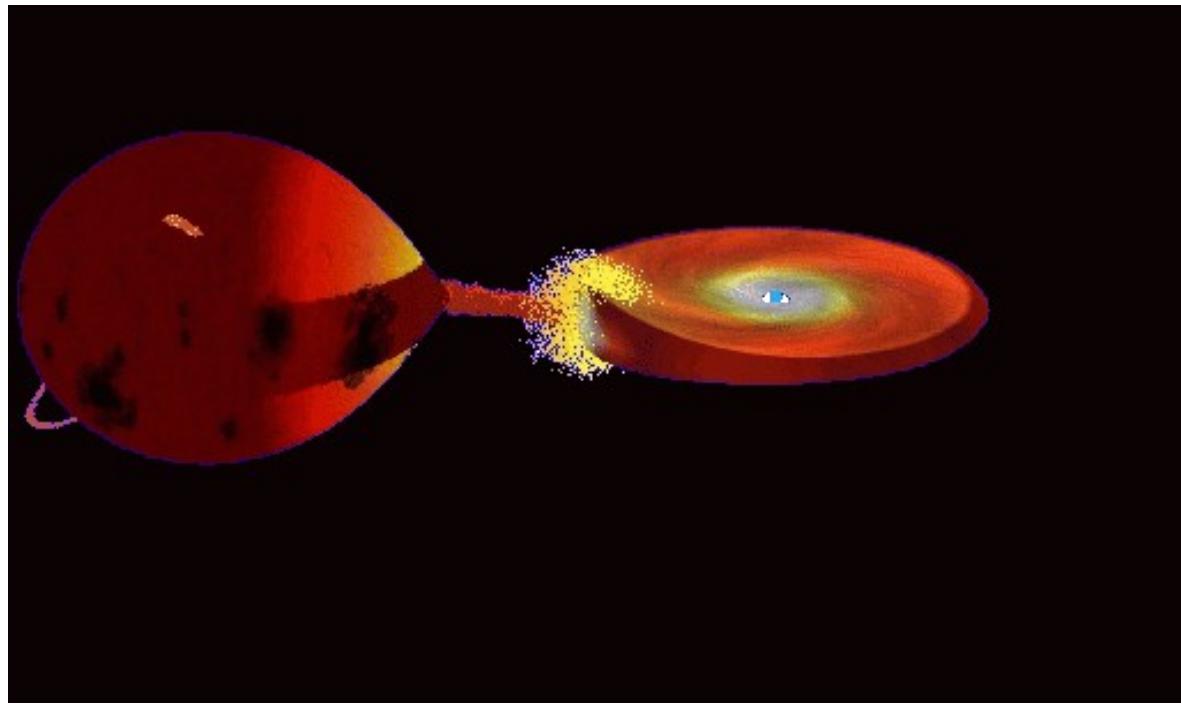


Ампл. = $0^m.006$



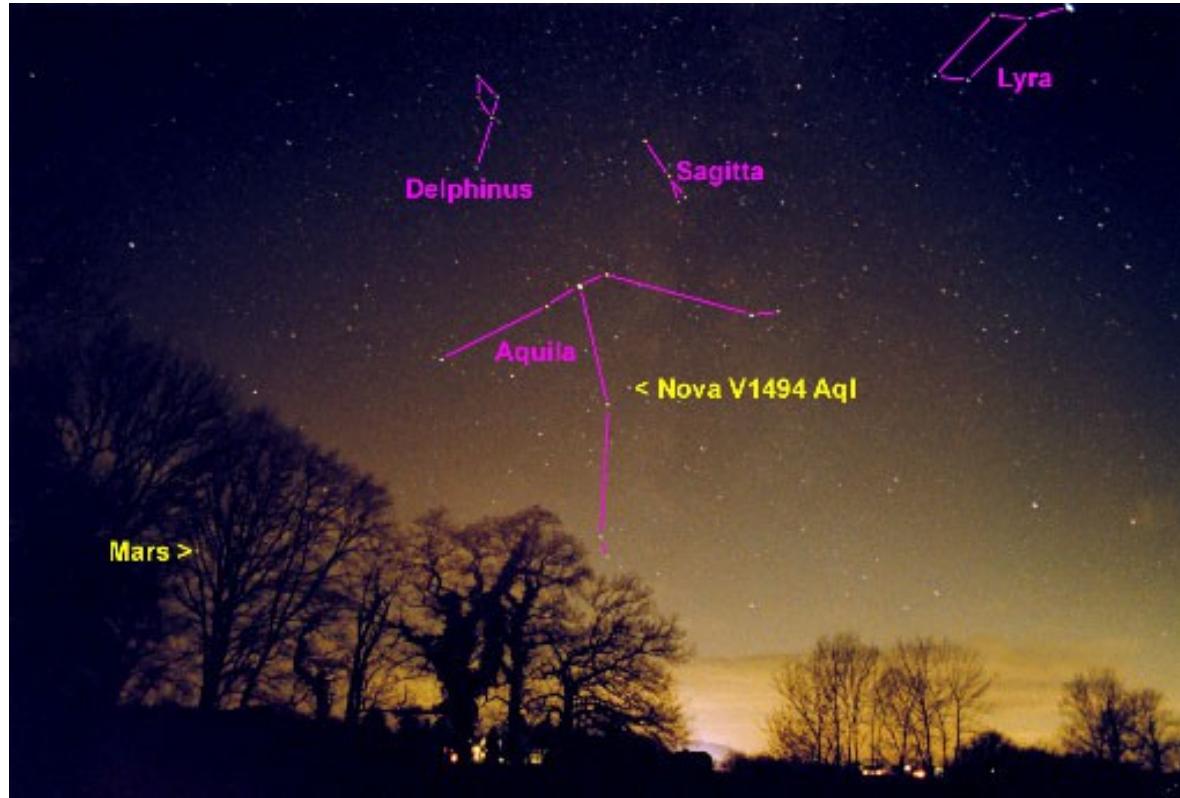
(Английский любитель Дж. Гривс, 2010)





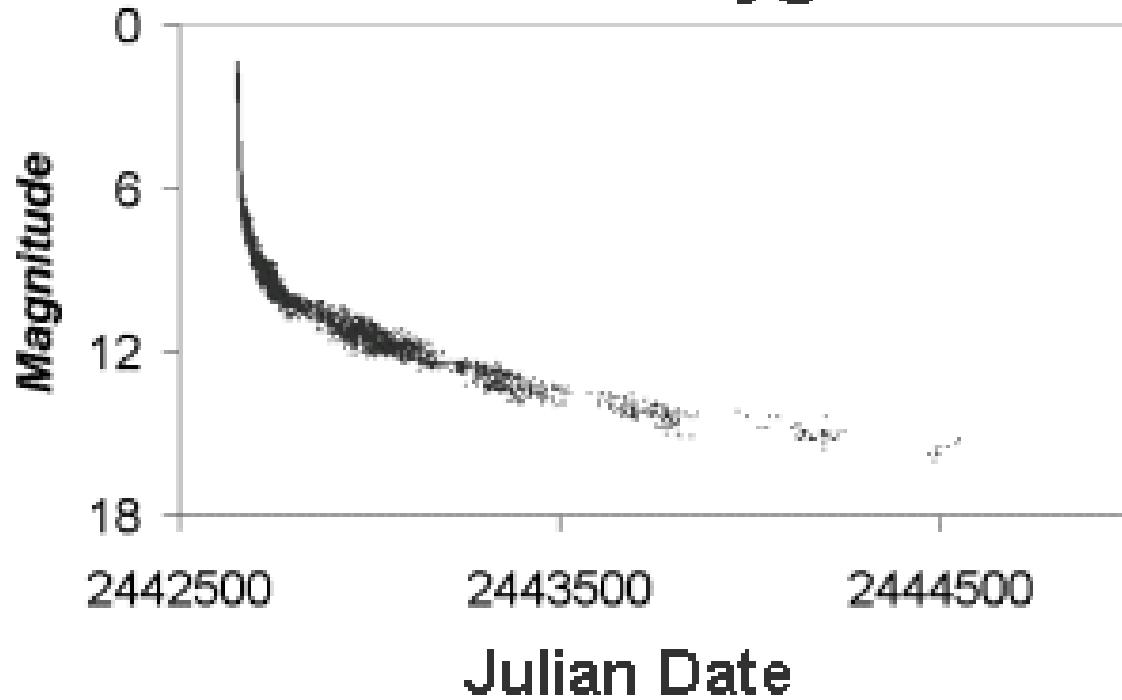
Взрывная переменная звезда с диском (слабое магнитное поле). Анимация А. Бердмора

При хорошем знании неба Новые можно открывать невооруженным глазом или в бинокль.

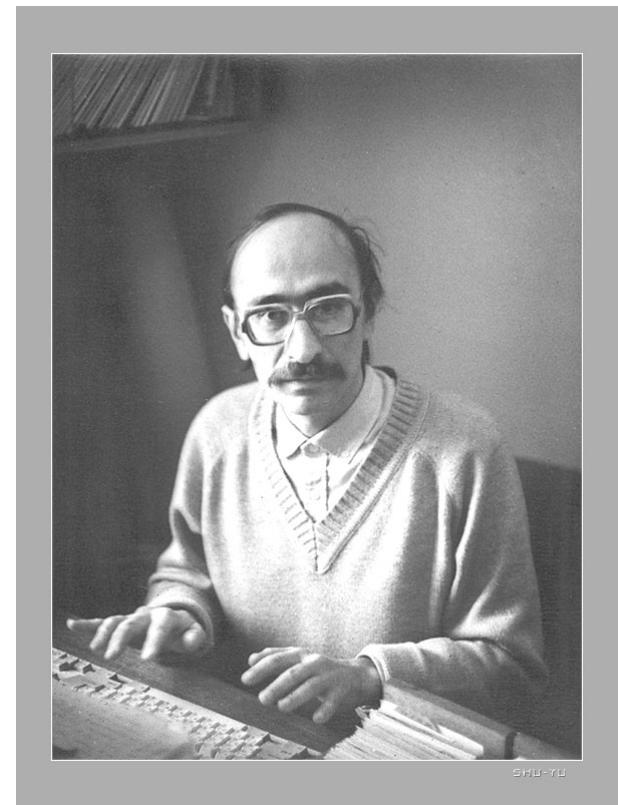


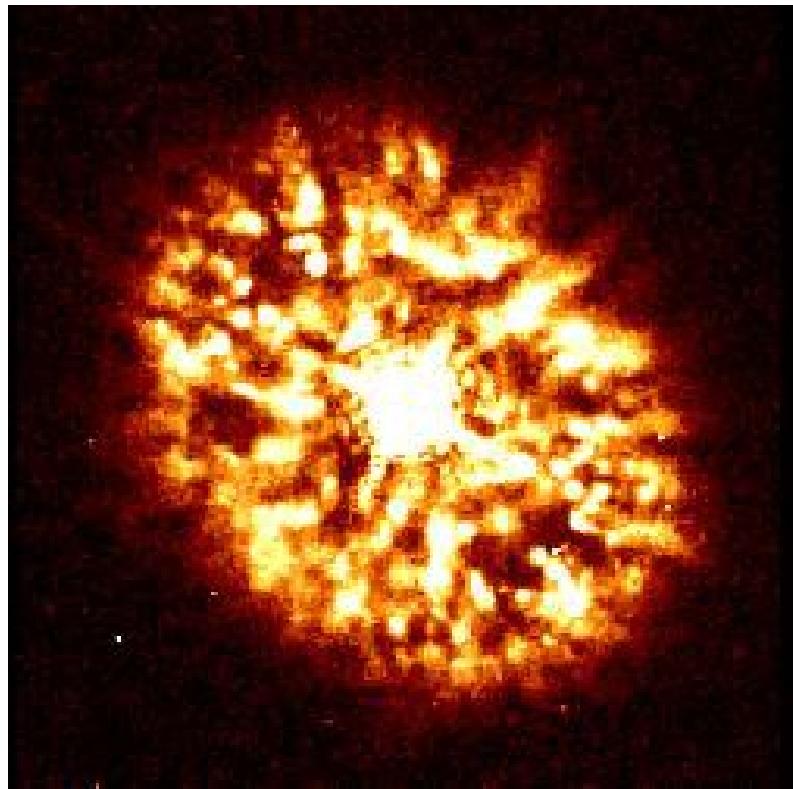
Новая Орла португальского любителя Альфредо Перейры (1999 г.)

V1500 Cyg

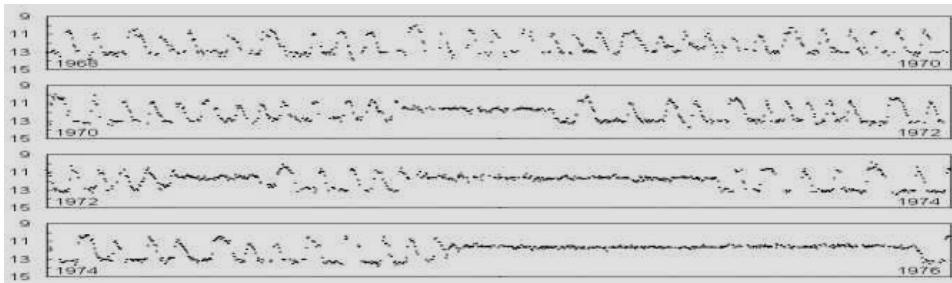


Самая яркая Новая звезда второй половины XX века и один из ее первооткрывателей С.Ю. Шугаров, тогда студент Астрономического отделения МГУ

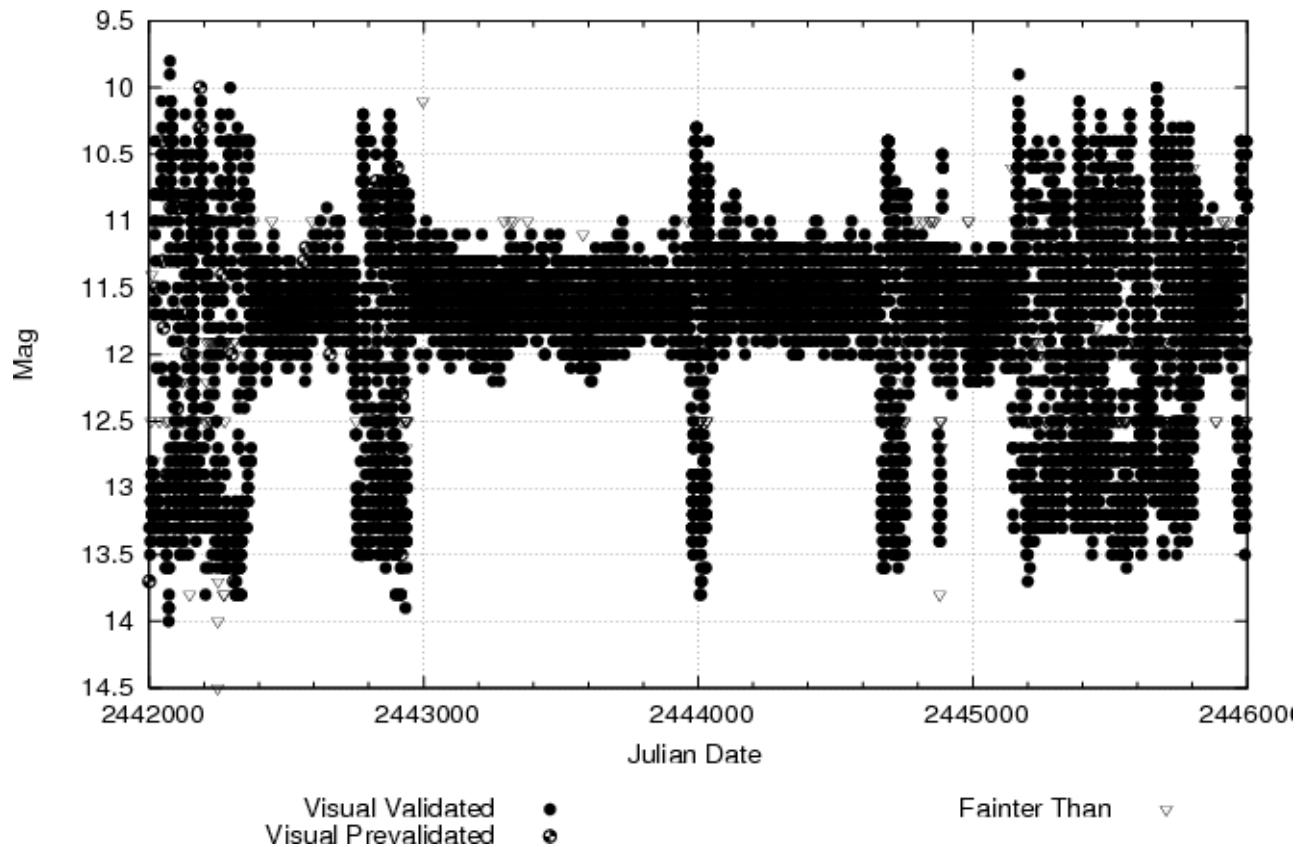




HR Дельфина (Новая Дельфина 1967) и ее туманность по наблюдениям Космического телескопа им. Э. Хаббла. Эту звезду С.Ю. Шугаров наблюдал еще школьником



AAVSO DATA FOR Z CAM - WWW.AAVSO.ORG

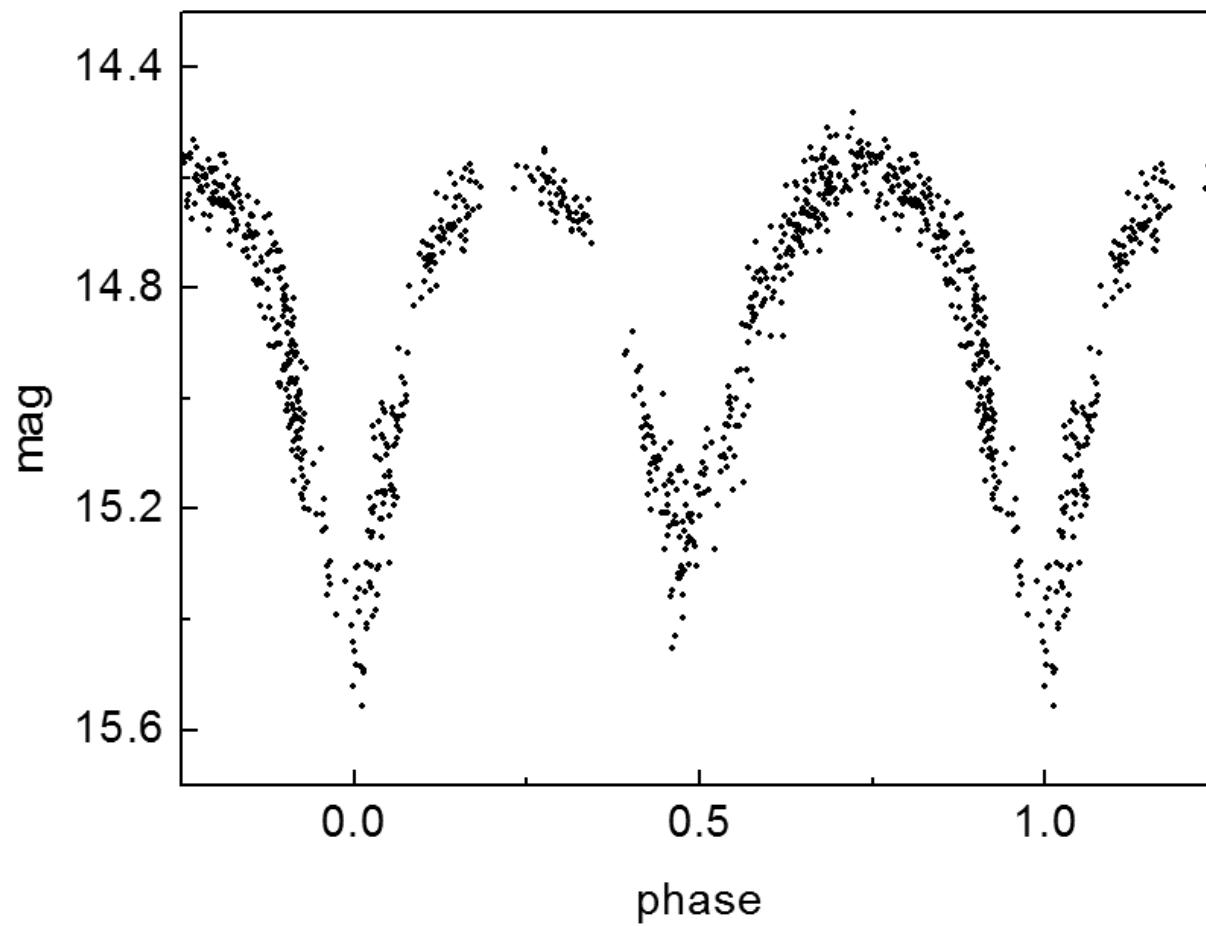


Кривая блеска карликовой новой Z Жирафа

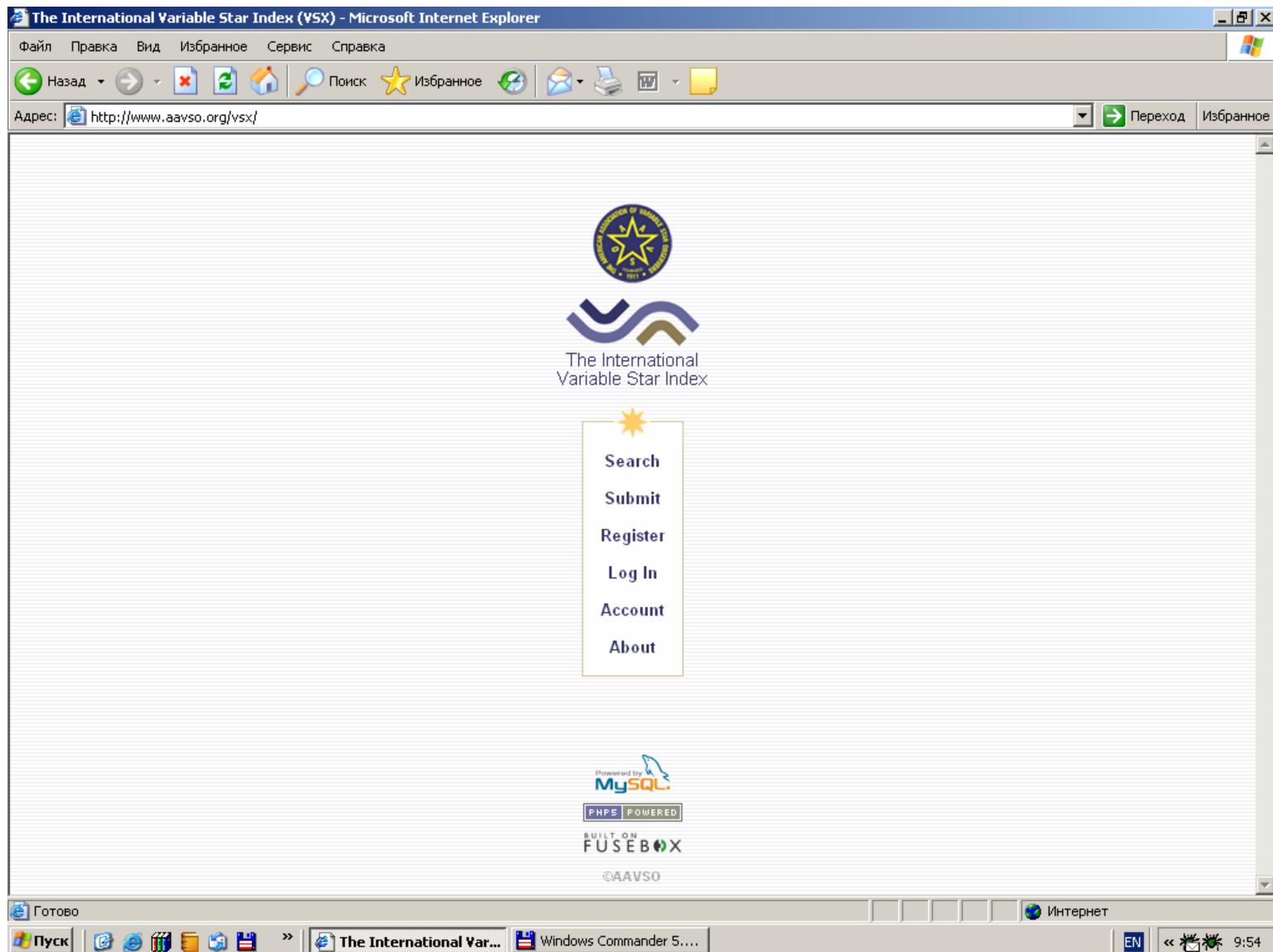


На обсерватории СибГАУ в черте города Красноярска вполне можно наблюдать переменные звезды, ведутся наблюдения полулюбительского уровня

USNO A2.0 1275-11148370
 $C = 2455500.086 + 0.267018 * E$



Переменная звезда, открытая в Красноярске



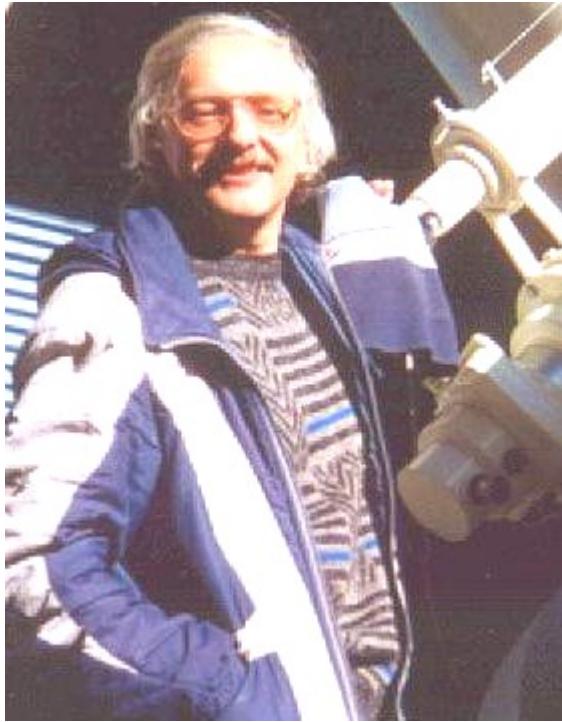
Новизну своих открытий следует проверять на сайтах ОКПЗ и
VSX

Сайт Общего Каталога переменных звезд (ОКПЗ):

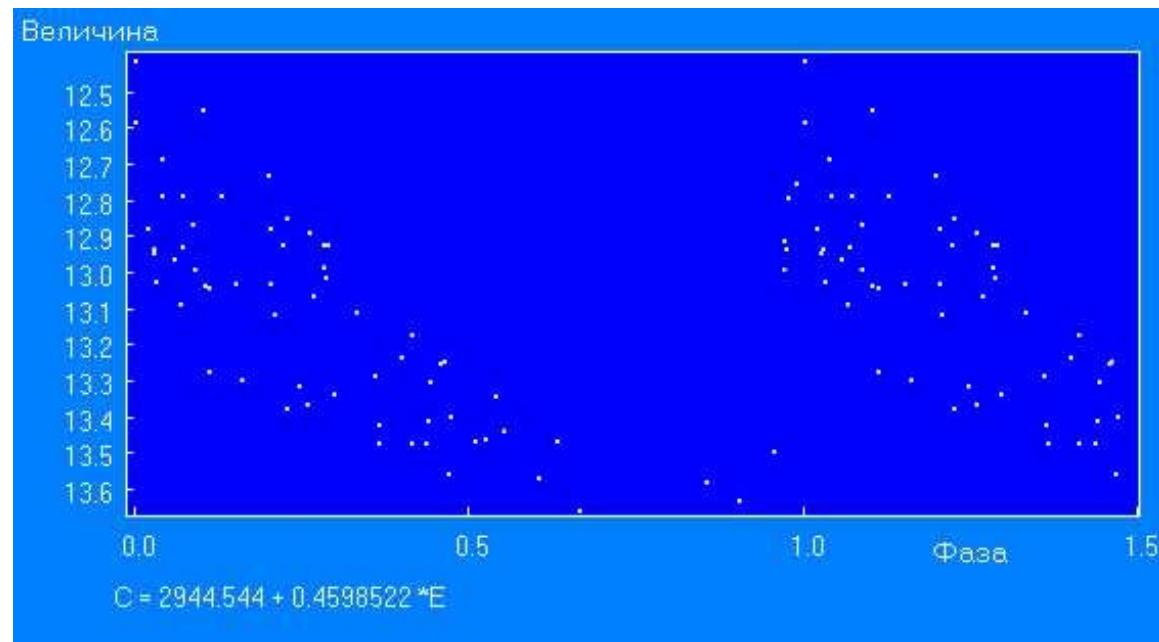
<http://www.sai.msu.su/gcvs/cgi-bin/search.htm>

Сайт Международного регистра переменных звезд (VSX):

<http://www.aavso.org/vsx>

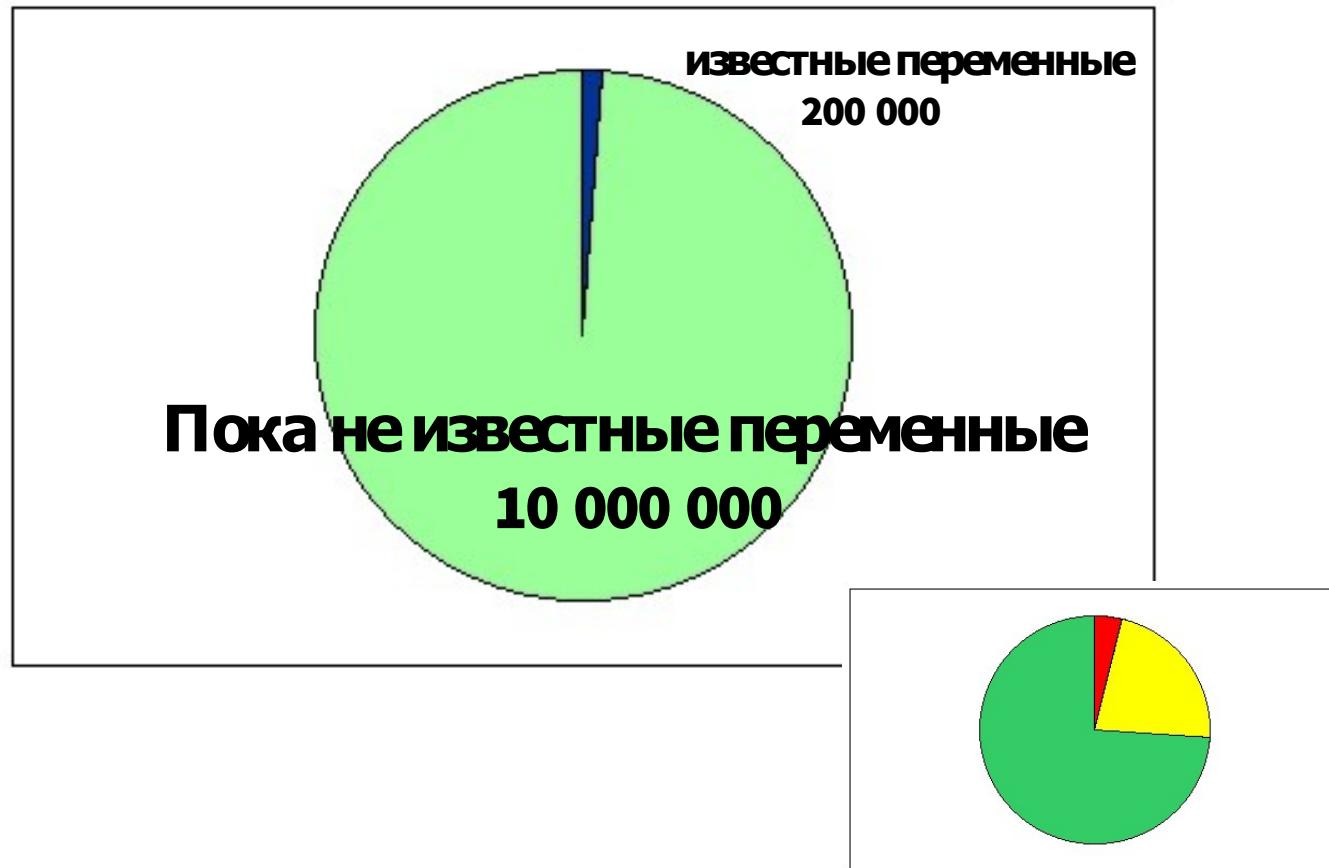


Программа WINEFK В.П. Горанского (ГАИШ) – эффективное средство анализа временных рядов (в частности, фотометрии переменных звезд). Несколько алгоритмов поиска периода, возможности построения кривых блеска, отбраковки наблюдений, анализа фрагментов ряда. Программу можно взять у лектора (к. 58 ГАИШ)!



Кривая блеска TX Pav по данным ASAS-3, сгенерированная программой WINEFK

Перспективы открытия переменных звезд





INSTITUTE OF ASTRONOMY
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES



STERNBERG ASTRONOMICAL INSTITUTE



WWW.ASTRONET.RU

Переменные звезды

Variable Stars

Founded in 1928 by B.V. Kukarkin.

Едва ли не единственная возможность публикации работ по
переменным звездам для большинства любителей, а также
для профессионалов малых обсерваторий

www.astronet.ru/db/varstars

СТАСИБО!