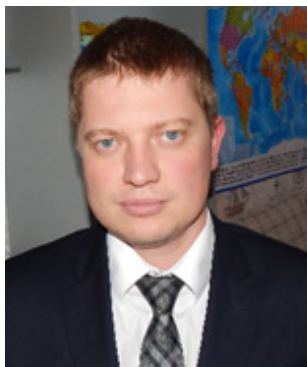


УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОНИЦАЮЩЕЙ СИЛЫ ТЕЛЕСКОПА БЕЗ ИЗМЕНЕНИЯ ДИАМЕТРА ЗЕРКАЛА



Побойнев Вадим Олегович,
учитель физики
высшей квалификационной категории
ГУО «Средняя школа № 14 г. Орши»,
магистр физико-математических наук

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В статье пойдет речь о возможном усовершенствовании школьного телескопа. Показана целесообразность использования ПЗС-матрицы при астрономических наблюдениях.

Введение. Звездное небо завораживает своей красотой и бесконечностью. Однажды увидев далекие звезды, хочется видеть их дальше. Возможность приобрести большой современный телескоп у большинства астрономов отсутствует. Поэтому мы решили углубиться в данную тему и выяснить, как с помощью любительского телескопа можно увидеть далекие галактики и объекты более 20-й звездной величины.

Стоимость телескопов нового поколения составит около \$1 млрд (за каждый). Все эти современные инструменты позволяют решить ряд важных вопросов, включая происхождение первых галактик и определение состава атмосфер экзопланет земной массы.

Однако не каждый астроном может позволить себе такой телескоп. Ввиду большой стоимости крупнейших телескопов и длительности их разработки и создания особое внимание уделяется модернизации любительского телескопа при относительно незначительных финансовых затратах.

Цель работы – выяснить возможность модернизации современного любительского телескопа.

Для достижения поставленной цели предусмотрено решение следующих задач:

- изучить специальную литературу по теме;
- провести исследования по выявлению проникающей силы телескопа;
- проанализировать возможности телескопа для обнаружения потенциально опасных астероидов.

Исходя из формул расчета проникающей силы, возникла гипотеза о том, что небольшая

модернизация телескопа значительно расширяет его возможности.

Практическая значимость работы состоит в том, что предложенные нами способы модернизации телескопа позволяют каждому астроному-любителю как наблюдать за далекими галактиками и экзопланетами, так и открывать новые астероиды, кометы и другие объекты ночного неба.

Основная часть. В настоящее время крупнейшие наземные телескопы, работающие в оптическом диапазоне, – рефлекторы с диаметрами объективов 8–10 м [1].

Самым большим телескопом является Большой Канарский телескоп с диаметром зеркала 10,4 м. Однако существует еще более десятка инструментов с диаметром свыше 8 м. Среди них такие продуктивные, как два десятиметровых телескопа обсерватории Кека, четыре входящих в комплекс VLT (Very Large Telescope) 8,2-метровых телескопа Европейской южной обсерватории в Чили, а также 8,2-метровый телескоп Subaru, превосходящие канарский по ряду параметров (приложение 1).

Существуют планы по созданию еще более крупных инструментов: следующее поколение наземных оптических телескопов будет иметь диаметр главного зеркала 25–40 м (приложение 2).

Самый крупный инструмент следующего поколения – Экстремально Большой Европейский телескоп Европейской южной обсерватории, который был построен рядом с обсерваторией Паранал в Чили и введен в строй в середине 2020-х гг. Его сегментированное почти 40-метро-

вое зеркало будет состоять из сотен отдельных управляемых элементов.

Важнейшим свойством новых крупных наземных телескопов является использование активной и адаптивной оптики. Современные телескопы оборудованы системой адаптивной оптики, позволяющей улучшить угловое разрешение за счет компенсации атмосферных искажений [2].

Проницающая сила телескопа – это звездная величина предельно слабых звезд, которые еще можно различить с данным телескопом. В ясную безлунную ночь невооруженным глазом можно видеть звезды до 6^m . Для телескопов с диаметром объектива D (мм) проницающая сила m , выраженная в звездных величинах при визуальных наблюдениях, оценивается формулой [3]:

$$m = 2,0 + 5 \lg D. \quad (1)$$

Используя данную формулу, мы проанализировали проницающую силу телескопов с разными диаметрами зеркал (таблица 1).

Таким образом, мы видим, что чем больший диаметр зеркала, тем более тусклые и далекие объекты можно увидеть. Однако увеличение диаметра зеркала требует значительных финансовых затрат. Мы предлагаем заменить зрачок глаза на ПЗС матрицу, а также использовать серебряное зеркало вместо алюминиевого, что повысит его отражающую способность.

Вычислим проницающую силу телескопа, используя формулу Баума:

$$m = 12,4 + \frac{m_b}{2} + 2,51 \lg \left(\frac{D\sqrt{tn}}{\beta B} \right), \quad (2)$$

где D – диаметр объектива в метрах, t – продолжительность экспозиции в секундах, n – квантовая эффективность системы телескоп + приемник света, β – угловой размер изображения объекта в секундах дуги, B – желаемый уровень отношения сигнала к шуму (при $B = 1$ регистрация изображения ненадежная, при $B = 10$ – очень надежная), m_b – яркость участка неба площадью

в одну квадратную секунду дуги рядом со звездой; в лучших высокогорных обсерваториях $m_b = 22$, а обычно $m_b = 21$ [1].

Вычислим проницающую силу телескопа диаметром 0,3 м, снабженного ПЗС-матрицей. Пусть время экспозиции $t = 600$ с, ПЗС-матрица имеет квантовую эффективность около 50%, т.е. регистрирует половину упавших на нее фотонов. Каждое из двух зеркал телескопа отражает приблизительно 80% света, а при серебрянии его отражающая способность увеличится до 90%, так что пропускание оптической системы равно $0,9 \cdot 0,9 = 0,81$. Тогда $n = 0,5 \cdot 0,81 = 0,405$. Угловой размер изображения объекта примем равным $2''$. Это значение типично для не очень хорошего места наблюдения. Яркость неба примем $m_b = 21$. Используя формулу (2), получим $m = 22$. А по формуле (1) для этого же телескопа получим $m = 14$. Таким образом, электронный приемник света регистрирует почти в 500 раз более слабые объекты, чем глаза.

Использование ПЗС-матрицы позволило витебскому астроному-любителю Виталию Невскому (приложение 3) сделать ряд астрономических открытий:

– 24 апреля 2009 года в обсерватории был открыт первый астероид, обнаруженный с территории Беларуси. Астероиду присвоен порядковый номер 216897 и имя Golubev – в честь В.А. Голубева (профессионального астронома, доцента кафедры физики и астрономии ВГУ имени П.М. Машерова, учителя В. Невского).

– Помимо этого, открыто еще более 14 новых астероидов.

– В ночь 10/11 апреля 2010 года была открыта сверхновая звезда в галактике NGC4051. Она зарегистрирована под номером SN2010br. Это первая сверхновая звезда, открытая с территории РБ [4].

В настоящее время существует 2015 потенциально опасных астероидов [5]. 18 апреля астероид 2019GC6 пролетел на расстоянии 0,6 LD от Земли, а 5 сентября 2019RP1 – на расстоянии 0,1 LD.

Таблица – Зависимость проницающей силы телескопа от диаметра зеркала

Диаметр зеркала, мм	Проницающая сила телескопа
76	11,4
100	12
300	14
600	16
1000	17
8000	21,5
10000	22
30000	24
42000	25

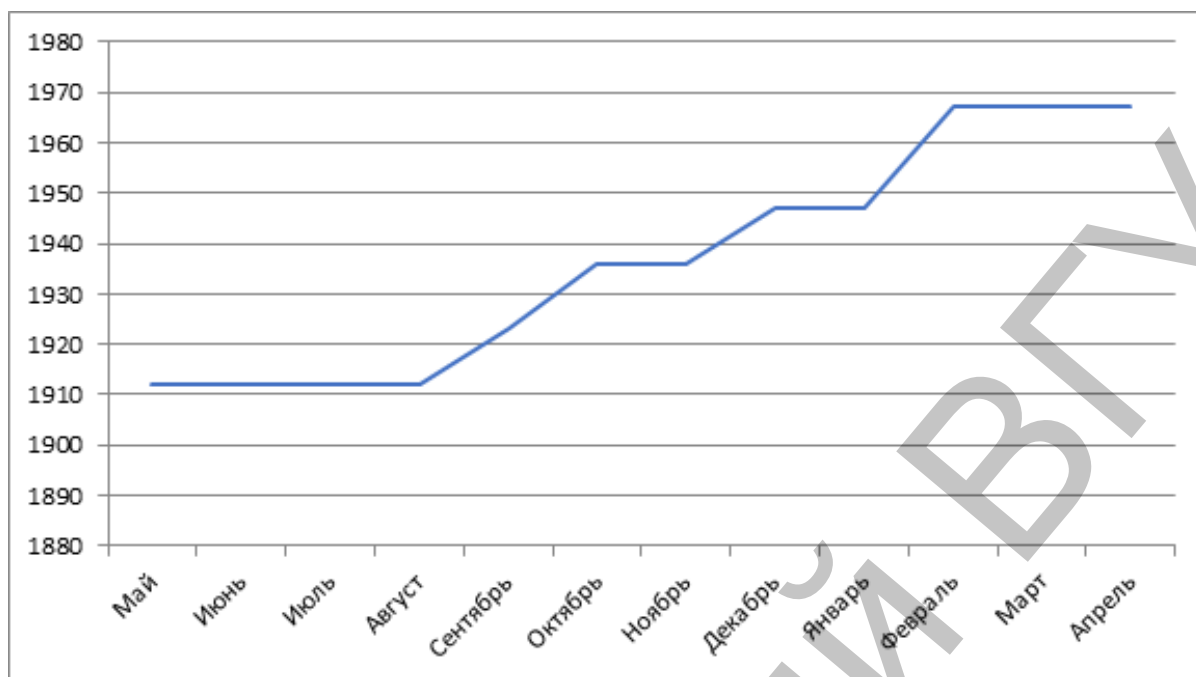


Рисунок – Потенциально опасные астероиды

Мы провели анализ данных небесных объектов (рисунок) и пришли к выводу, что потенциально опасные астероиды с каждым годом только увеличиваются.

Небольшая и относительно недорогая модернизация школьного телескопа позволила нам наблюдать кратеры на Луне, а также кольца Сатурна (приложение 4).

В своей работе мы использовали телескоп Sky-Watcher BK 76AZ1 с апертурой 76 мм. В качестве ПЗС-матрицы применялись матрица фотоаппарата Canon IXUS 185 и матрица смартфона Redmi A6. Результаты исследования приведены в приложении 5.

Таким образом, благодаря использованию ПЗС-матрицы любой астроном-любитель может следить за опасными объектами неба. При этом более слабые астероиды будут фиксироваться, если скорость вращения телескопа настроить на скорость астероида.

Заключение. Углубившись в выбранную нами тему, мы пришли к выводу, что проникающая сила телескопа при учете фона неба не очень сильно зависит от диаметра объектива. При выборе телескопа нужно задуматься о том, что дешевле: увеличить диаметр зеркала или уменьшить размер изображения объектов, выбрав для установки телескопа более качественное место. Следует отметить, что выбор конструкции и модели телескопа зависит от поставленной

цели по наблюдению за небесными объектами. Современные телескопы позволят решить ряд важных вопросов, включая происхождение первых галактик и определение состава атмосфер экзопланет земной массы. Но вместе с тем астроном-любитель уже сегодня имеет возможность увидеть объекты 20 и выше звездной величины. Он может открывать кометы, астероиды, а также следить за потенциально опасными объектами ночного неба. Использование ПЗС-матрицы существенно расширяет возможности телескопа. Считаем, что цель, которую мы ставили в начале работы, достигнута.

ЛИТЕРАТУРА

1. Небо и телескоп / под ред. В.Г. Сурдина. – Изд. 2-е, перераб. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. – 434 с.
2. Терещиж, В.Ю. Современные оптические телескопы / В.Ю. Терещиж. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 65 с.
3. Галузо, И.В. Астрономия: учебник для 11-го кл. общеобразоват. учреждений с рус. яз. обучения / И.В. Галузо, В.А. Голубев, А.А. Шимбалев. – Минск: Адукацыя и выхаванне, 2015. – 224 с.: ил.
4. Васев, А.В. Невский ткнул пальцем в небо. И сделал открытие / А.В. Васев // Советская Белоруссия. – 2013. – 26 нояб.
5. Потенциально опасные астероиды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://spaceweather.com/>. – Дата доступа: 17.04.2019.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕЛЕСКОПЫ



Самый большой телескоп в мире (Большой Канарский телескоп, GTC)



Кекс I и Кекс II – еще одна пара телескопов-близнецов



Большой Бинокулярный Телескоп (LBT)



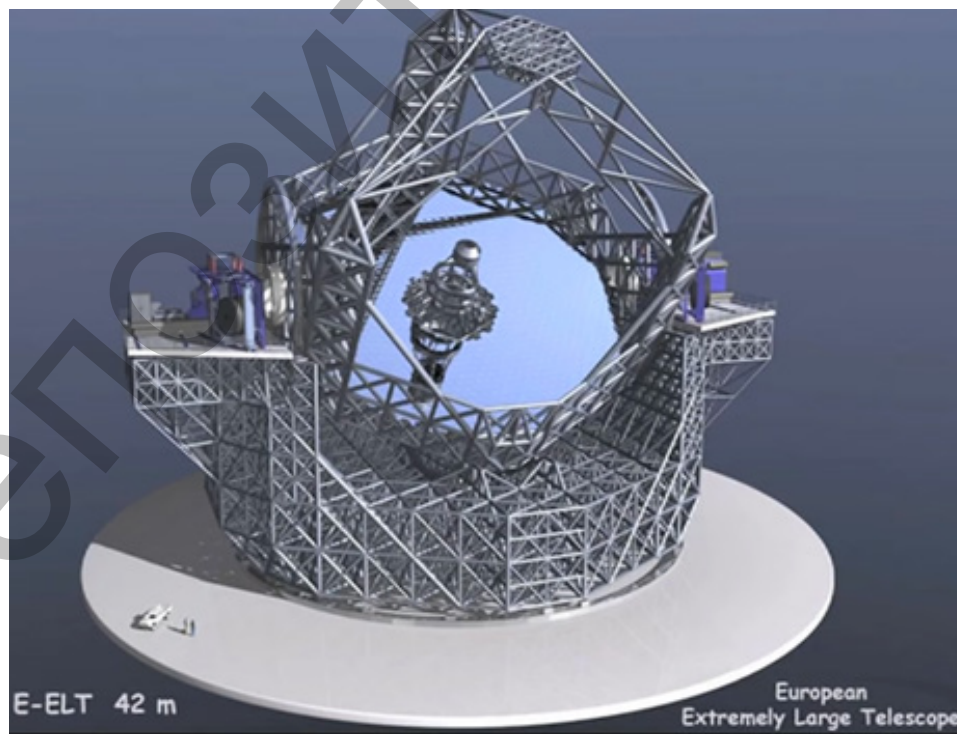
Очень Большой Телескоп (VLT)

Система из четырех телескопов по 8,2 метра и еще четырех вспомогательных по 1,8 метра по светосиле эквивалентна одному прибору с диаметром зеркала 16,4 метра

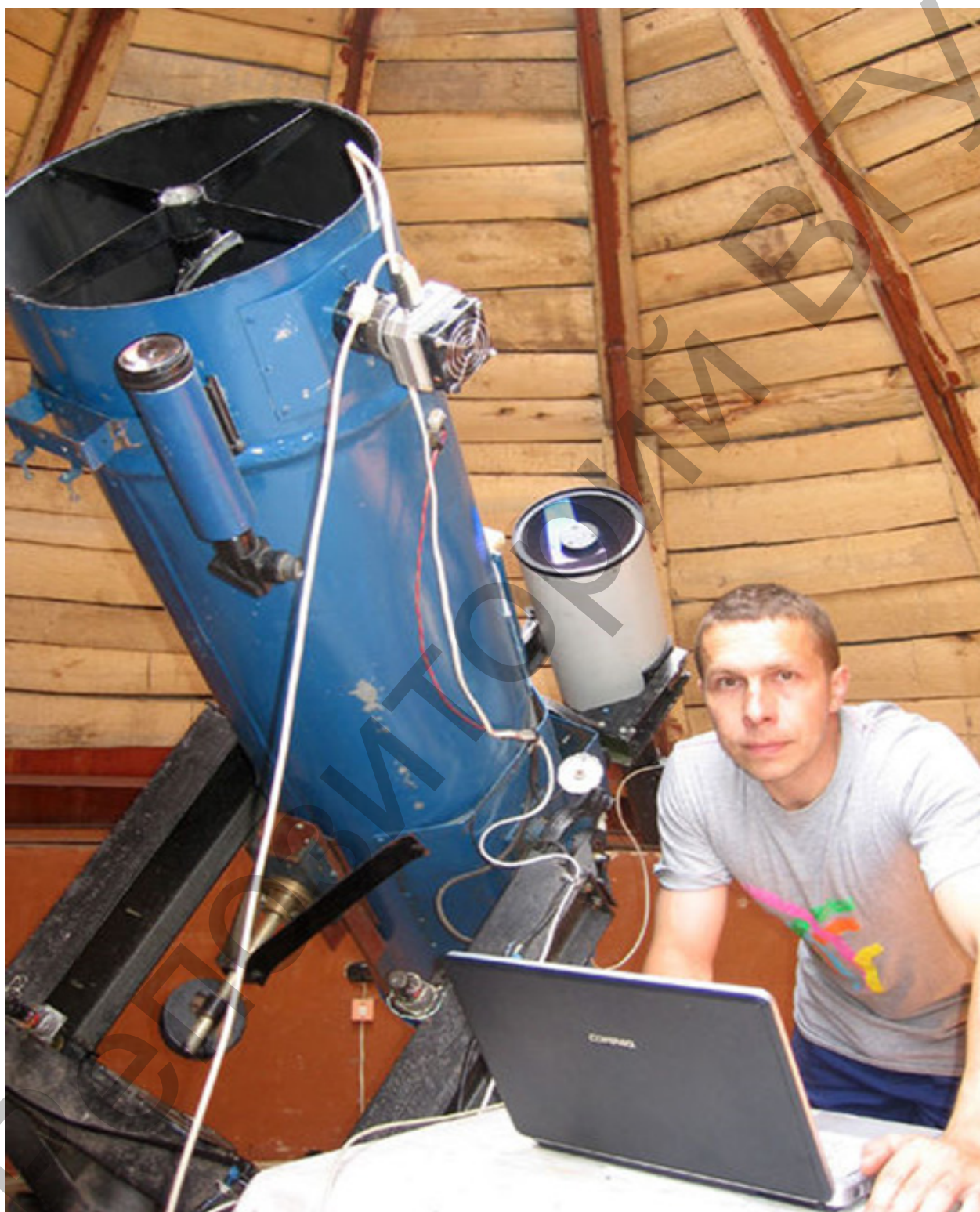
ГИГАНТСКИЕ ТЕЛЕСКОПЫ БУДУЩЕГО



Тридцатиметровый телескоп (Thirty Meter Telescope, TMT)



European Extremely Large Telescope (E-ELT, Экстремально Большой Европейский телескоп) Европейской южной обсерватории



Витебский астроном-любитель Виталий Невский

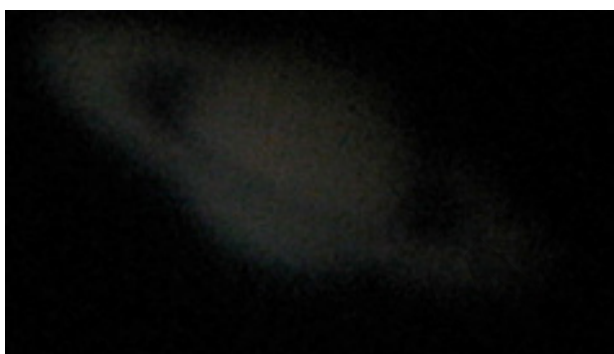
ЛУНА И КОЛЬЦА САТУРНА



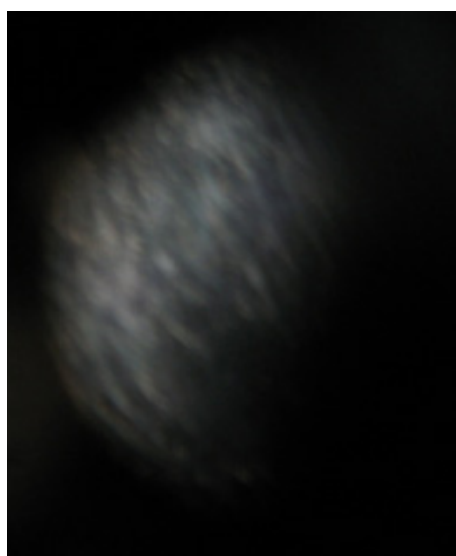
**СРАВНЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ НЕБЕСНЫХ ОБЪЕКТОВ,
ЗАФИКСИРОВАННЫХ РАЗНЫМИ ПЗС-МАТРИЦАМИ**



Луна



Сатурн



Венера