



НАУКА И ЖИЗНЬ

ISSN 0028-1263

1 **2026** ● Космос — космосом, но и без наземной астрономии никуда! ● При сматриваемся к мхам: они удивительны и их значение для науки не переоценить ● Приглядимся и к почкам древесным, которые зимой спят, но не безмолвствуют ● Энергетика — под новым углом зрения ● А питание — под старым (соевым) углом...



В Н О М Е Р Е :

Е. КОПЫЛОВ, канд. физ.-мат. наук —		А. СТОЛЯРОВ — Трансцензус
У астрономов климат иной		(фантастическая повесть) 114
(беседу ведёт Н. Лескова) 2		
Рефераты (подготовил Л. Ашкинази) 14		Д. ЗАРУБИНА , канд. филол. наук —
Десять значимых событий 2025 года		Не ерунда, а хундры-мундры 125
в физике и астрономии		Кунсткамера 128
(материал подготовил		Кроссворд с фрагментами 130
канд. физ.-мат. наук А. Понятов) 16		Ответы на кроссворд с фрагментами
Бюро иностранной научно-технической		(№ 12, 2025 г.) 132
информации 28		Из писем читателей 133
Восемь значимых событий 2025 года		Каждый пасюк — грызун, но не каждый
в биологии и медицине		грызун — пасюк! 133
(материал подготовил К. Стасевич) 32		Д. ДОНСКОВ , канд. биол. наук —
В. ТЕЛЕГАНОВА , канд. биол. наук —		Ботанические прогулки зимой.
Живые «динозавры»		Прогулка первая 136
у нас под ногами 42		

Вести из лабораторий и институтов

Микробный консорциум для жизни на Марсе (51). Птицы в городе и опасные дрожжи (52). Лесные водоросли — микрореакторы витаминов (134).

Т. АНДРЕЕНКО, канд. биол. наук,		Т. АНДРЕЕНКО, канд. биол. наук,	
К. ДЕГТЬЯРЕВ, канд. геогр. наук —		К. ДЕГТЬЯРЕВ, канд. геогр. наук —	
Энергия из осадков 54		Энергия из осадков 54	
Заповедные новости (подготовил		Заповедные новости (подготовил	
К. Стасевич) 62		К. Стасевич) 62	
Т. ЗИМИНА — Суперкомпьютеры		Т. ЗИМИНА — Суперкомпьютеры	
для технологического		для технологического	
суперенитета 66		суперенитета 66	
И. СОКОЛЬСКИЙ, канд. фармацевт.		И. СОКОЛЬСКИЙ, канд. фармацевт.	
наук — Нам придёт на помощь соя 71		наук — Нам придёт на помощь соя 71	

«УМА ПАЛАТА»
Познавательно-развивающий раздел
для школьников

Р. СЕЙФУЛИНА, канд. биол. наук — **Живая акустика** (81). Ю. ПОПОВ — **Число года 2026** (89). А. САВЧЕНКО — **Вода показывает зубы** (90). Е. АНТОНОВ, канд. ист. наук — **Боспорские города** (96).

В. МАКСИМОВ, канд. филол. наук —		В. МАКСИМОВ, канд. филол. наук —	
Из истории фамилий 106		Из истории фамилий 106	
Н. ШЕВЫРЁВА — Негодный клён 110		Н. ШЕВЫРЁВА — Негодный клён 110	

А. СТОЛЯРОВ — Трансцензус		А. СТОЛЯРОВ — Трансцензус	
(фантастическая повесть) 114		(фантастическая повесть) 114	
Д. ЗАРУБИНА , канд. филол. наук —		Д. ЗАРУБИНА , канд. филол. наук —	
Не ерунда, а хундры-мундры 125		Не ерунда, а хундры-мундры 125	
Кунсткамера 128		Кунсткамера 128	
Кроссворд с фрагментами 130		Кроссворд с фрагментами 130	
Ответы на кроссворд с фрагментами		Ответы на кроссворд с фрагментами	
(№ 12, 2025 г.) 132		(№ 12, 2025 г.) 132	
Из писем читателей 133		Из писем читателей 133	
Каждый пасюк — грызун, но не каждый		Каждый пасюк — грызун, но не каждый	
грызун — пасюк! 133		грызун — пасюк! 133	
Д. ДОНСКОВ , канд. биол. наук —		Д. ДОНСКОВ , канд. биол. наук —	
Ботанические прогулки зимой.		Ботанические прогулки зимой.	
Прогулка первая 136		Прогулка первая 136	

*Может показаться, что любителю растений
ничего делать на природе в середине зимы... Всё
белым-бело и довольно уныло. Что тут интерес-
ного? Однако не будем делать поспешные выво-
ды. Ботаническими изысканиями можно заняться
и в зимнее время, изучая то, что доступно...*

НА ОБЛОЖКЕ:

1-я стр. — Климат на Кубе тропический, но у астрономов везде климат иной... Снимок сделан в процессе проведения астроклиматических измерений на Кубе: наблюдения ведёт астроном Сергей Потанин, сотрудник Института астрономии РАН (ИНАСАН). Фото Евгения Ко пы л о в а , заместителя директора по науке ИНАСАН (беседу с ним см. на стр. 2).

Внизу: И зачем тебе, большеухая лисица, такие большие уши? Фото Риммы С е й ф у -
л и н о й (см. её статью на стр. 81).

2-я стр. — почка, или на латинском языке *демта*, представляет собой побег в зачаточном состоянии — на самой ранней стадии развития...

Ничего, что зима околдовала всё вокруг. Одненамся потеплее, прихватим лупу и отправимся в парк, в лес — рассматривать почки и определять по ним деревья и кусты. (См. статью на стр. 136.)

4-я стр. — Урожай росы на ножках спорофитов мхов. Фото Алексея З а х а р и н с к о -
г о . (См. статью «Живые „динозавры“ у нас под ногами» на стр. 42.)

Наука и жизнь®
№ 1 ЯНВАРЬ 2026

*Журнал основан в 1890 году.
Издание возобновлено в октябре 1934 года.*

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ

У АСТРОНОМОВ КЛИМАТ ИНОЙ

Давно миновали те времена, когда астроном просто строил себе телескоп и направлял его на небо. Современные астрономические инструменты — вещь очень сложная и дорогая, с их помощью астрономы способны заглянуть далеко во Вселенную и увидеть то, что и не снилось их предшественникам. Но чтобы это стало возможным, обсерваторию необходимо расположить в подходящем месте с нужными природными условиями — астроклиматом. Поэтому прежде чем начинать строительство, астрономы сейчас тщательно астроклимат изучают. Но даже этого мало: чтобы получать качественные изображения далёких объектов, приходится изобретать для телескопов специальные непростые и тоже дорогие устройства, корректирующие возможные искажения, — активную и адаптивную оптику. Казалось бы, в настоящее время человечество научилось строить мощные космические обсерватории, расположенные за пределами создающей помехи атмосферы, однако они не смогут заменить наземную астрономию.

Рассказывает Евгений КОПЫЛОВ, кандидат физико-математических наук, заместитель директора по науке Института астрономии РАН (ИНАСАН).

Беседу ведёт Наталия Лескова.

— Евгений Анатольевич, вы профессионально занимаетесь астроклиматом. Что это такое?

— Астроклимат отличается от климата некоторыми граничными условиями. Если климат — это в целом о долговременной изменчивости метеопараметров на Земле и отдельных её континентах, то в случае астроклимата речь идёт о совокупности параметров, влияющих на качество астрономических наблюдений в конкретном месте, которое предполагается рассматривать как потенциальную локацию, пригодную для установки астрономического инструмента или любой оптико-электронной системы. Качество получаемых изображений в телескопе зависит от ряда природных условий. Прежде всего — от турбулентности воздуха в месте размещения прибора. Турбулентность вызывает размытие, дрожание и мерцание картинки. Также имеют значение прозрачность воздуха, скорость ветра и её изменения, количество часов, подходящих для наблюдений, суточные перепады температуры, свечение атмосферы и уровень влажности.

Астроклимат — это понятие, которое включает в себя не только параметры

атмосферы, но и эффективность работы телескопа. А за эффективностью работы телескопа стоит экономическая составляющая его постройки. Ведь от выбора места зависит и стоимость строительства обсерватории. Тут надо признать, что некоторые наши обсерватории расположены не в самых хороших астроклиматических местах. Это вынужденная оптимизация по совокупности критериев: астроклимат, стоимость, эксплуатационная эффективность.

— Астроклимат необходимо изучать только для тех обсерваторий, которые будут строиться? Для действующих это уже не актуально?

— Его необходимо изучать для всех без исключения обсерваторий, работающих через атмосферу. Это нужно для эффективного планирования наблюдений, поскольку работоспособность астрономического инструмента напрямую зависит от состояния атмосферы. Мониторинг астроклимата на обсерватории даёт наблюдателям оперативную информацию, например о том, какого качества изображения им стоит ожидать от телескопа при текущей настройке. Изучение астроклимата связано с граничными условиями,



Терскольская обсерватория
ИНАСАН.

которые задаются характеристиками инструмента — будь то уже работающий или только планируемый к установке. От этого зависят как методы исследования, так и критерии выбора места для размещения прибора. Если речь идёт о телескопах, решающее значение имеет их рабочий диапазон: оптический, радио-, субмиллиметровый или миллиметровый.

— Какие именно работы в этом направлении проводятся в вашем институте?

— В нашем институте такие работы стали проводиться не так давно, можно сказать, с моим приходом. Экспериментальную базу мы начали развивать относительно недавно. Между тем задачи исследования астроклимата становятся всё актуальнее — как в местах, где уже существуют обсерватории, так и в планируемых, поскольку развивается астрономическая техника, повышаются требования к выполнению высокоточных наблюдений. Астроклиматические условия напрямую влияют на возможность получения чётких изображений или на разрешение тонких линий спектров космических объектов. Нельзя забывать и о экономической

составляющей. Никто не хочет тратить огромные деньги на строительство обсерватории и получить инструмент, не способный эффективно работать.

У нас есть несколько обсерваторий: Терскольская, Кисловодская, Крымская и Звенигородская, и мы начали приобретать инструментарий для тех или иных нужд. Также мы получили грант РНФ на четыре года. Тематика гранта касается комплексного исследования астроклимата для субмиллиметровой радиоастрономии: это поиск мест, пригодных для размещения субмиллиметрового телескопа в России. Нельзя похвастаться, что у нас для этого очень хороший климат, но стоит задача найти что-то наиболее подходящее.

— Где это может быть?

— Предварительный анализ спутниковых данных, который был проведён членами нашей команды, показал, что наиболее благоприятна южная часть горного Дагестана, области на границе с Монголией в Горном Алтае и Бурятии, причём одна из них недалеко от Саянской солнечной обсерватории.

— Надо будет выбирать из этих трёх локаций?



Фото Натальи Лесковой

Акустический метеорологический комплекс «МЕТЕО-2» для исследования уровня турбулентности. Сделан в Институте оптики атмосферы СО РАН.

— Да, мы сузили задачу до этих трёх локаций. Поскольку бюджет ограничен, да и коллег-единомышленников, готовых и способных подниматься в горы для проведения полевых работ, у нас не так много. Мы не можем физически исследовать большее количество географических точек. Три точки за столь короткое время — и так много. В качестве некоторой опоры для сравнения результатов взяли обсерватории Кавказа — это Терскольская обсерватория ИНАСАН, находящаяся на высоте около 3150 метров, и Большой азимутальный телескоп Специальной астрофизической обсерватории (БТА САО РАН) на высоте около 2100 метров. Они имеют примерно одинаковые астроклиматические условия.

— Почему для субмиллиметровой техники в нашей стране так трудно найти подходящие места?

— Особенность субмиллиметровой радиоастрономии заключается в том, что на этот диапазон сильно воздействует наличие водяного пара в атмосфере. Чем больше водяного пара, тем сильнее ослабление сигнала в данном диапазоне длин волн в атмосфере. Поэтому сухо должно быть не только в приземном слое, но и во всей толще атмосферы, через которую происходит излучение.

— И те места, про которые вы сказали, достаточно сухие?

— Да. Предварительный анализ с помощью глобальной климатической базы данных «Era-5», которая включает в себя как метеорологические наземные станции, так и спутниковые данные дистанционного зондирования Земли, показал, что это относительно сухие локации с точки зрения суммарной влажности. Но когда начали проводить работы на местах, ситуация в некоторых точках оказалась не такой хорошей, как нам бы хотелось.

Чтобы провести более точные измерения, мы инициировали первый сбор метеоданных на местах — это ветровая статистика, приземная влажность, количество ясных дней и оценка влагодержания атмосферы с помощью станций ГНСС (глобальной навигационной спутниковой сети). Первые же данные на горе Курапдаг, около села Чираг в Дагес-



Фото Натальи Лесковой

Евгений Анатольевич Копылов.

тане, показали себя как благоприятные по влажности, но с точки зрения ветра ситуация там просто катастрофическая. Порывы ветра достигали от 26 до 50 метров в секунду с продолжительностью по несколько часов и примерно каждые две недели. Полное отсутствие инфраструктуры также говорит не в пользу этого места, а этот аспект обязательно стоит учитывать. На высоту почти 3700 метров мы несколько раз поднимали своё оборудование на лошадях, несли на себе в рюкзаках. Ночевать приходилось на вершине в палатках, под порывами ветра, а чтобы поесть, топили снег.

— А что в Бурятии?

— В Бурятии, в районе посёлка Монды, на горе Хулугайша (3100 метров) ситуация немного лучше, но тоже отсутствует инфраструктура, что создаёт сложности. Там мы столкнулись с постоянными перебоями со связью. Предположительно, высокое атмосферное статическое электричество вкупе с отсутствием какого-либо

заземления приводит к выводу из строя оборудования. Скальный грунт не позволяет простыми методами организовать заземление. Так мы потеряли три комплекта станций с различным интервалом времени — от недели до двух месяцев. Каждая экспедиция — достаточно дорогостоящее мероприятие, в котором не может принимать участие один человек (это требование техники безопасности). Поэтому затраты на организацию всегда очень большие. Если что-то выходит из строя, это очень расстраивает.

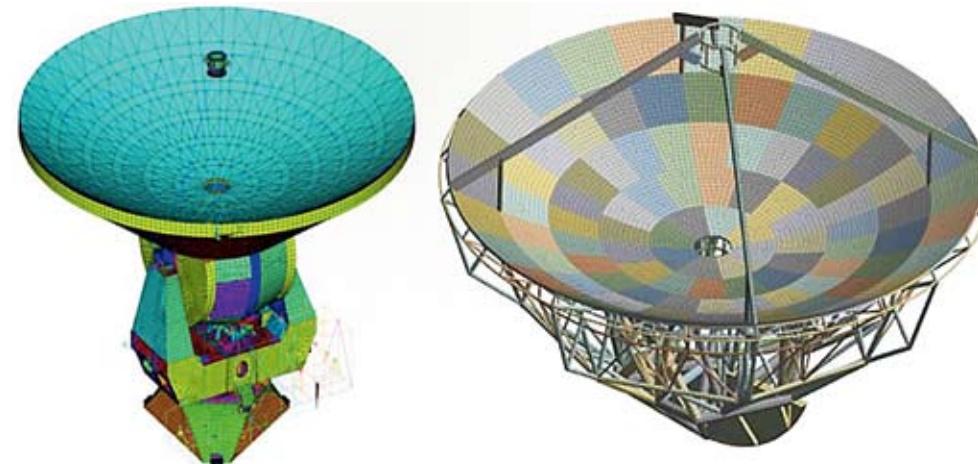
— Но ведь существует спецоборудование, предназначенное для работы в суровых климатических условиях...

— Да, это так. Но стоимость этого «железа» соответствующая. Никаких грантов РНФ не хватит, чтобы его купить и организовывать экспедиции по несколько раз в год. В Бурятии нам очень помогает Институт солнечно-земной физики СО РАН, который находится в Иркутске. У ИСЗФ там, на горе Хулугайша, в непосредственной близости к вершине, есть небольшая автономная станция, и коллеги всегда помогают нам с заброской на гору и ночёвкой на станции, в тепле. Половину дороги нас поднимают на машине, что экономит время и силы, но дальше — пешком, а это примерно пять километров в гору. В об-

щем, тоже тяжёлый случай. Хоть эта точка и находится примерно в десяти километрах по прямой от Саянской солнечной обсерватории ИСЗФ СО РАН, строить там будет весьма проблематично.

— Значит, ничего не подходит?

— Я не сказал ещё про точку в Горном Алтае — приграничное с Монголией село Ташанта. Показатели неплохие со всех сторон — по ветру, по воде и астроклимату. И что очень важно — наличие инфраструктуры. От районного центра Кош-Агач до Ташанты — 50 километров абсолютно ровной долины на высоте 2000 метров над уровнем моря. Очень сухо, приземная влажность воздуха около 20%, это немного. Морозы, которые приходят туда рано, способствуют этому. Не зря на Алтае именно Кош-Агачский район приравнен к районам Крайнего Севера. За счёт наличия инфраструктуры и стабильной электроэнергии измерения и наблюдения у нас там идут круглогодично. Мы получаем хорошие данные, и сейчас рассматриваем эту точку как наиболее перспективную. Есть некоторое предвзятое отношение со стороны радиоастрономов: субмиллиметровые телескопы должны находиться на высоте не менее 3000 метров, это важно именно с точки зрения влажности. А там — 2100 метров.



Трёхмерные модели 15-метрового телескопа типа ALMA (слева) и разработанного на его основе проекта 21-метрового Евразийского субмиллиметрового телескопа ESMT (справа).

Монтаж прибора «МЕТЕО-2» на территории обсерватории Санглох, Таджикистан.



Но значения параметров на 2100 метрах в Ташанте близки к значениям 3000 метров в Дагестане и Бурятии.

— Для чего нужны субмиллиметровые инструменты?

— Спектр научных задач больших субмиллиметровых телескопов очень широк. Главная их способность — «видеть» холод-

ную материю в космосе, излучающую в этом диапазоне длин волн. Они открывают новые возможности изучения звездообразования и физических процессов, происходящих во Вселенной, поиска скрытых звёздных скоплений, недоступных для оптики из-за экранирования космической пылью, и т. п. Они позволяют детектиро-



Монтаж системы автономного питания для работы ГНСС-станции и вышки метеостанции на горе Курападаг (3600 м) в Агульском районе Республики Дагестан.

вать в космосе определённые химические соединения и, возможно, дадут понимание химической эволюции веществ, приведших к появлению жизни. Это один из больших и малоизученных блоков, над которыми работают астрономы по всему миру.

Триггерным событием, заставившим направить усилия астрономов в эту сторону, стало получение изображения чёрной дыры в 2019 году*. Оно было получено с помощью сети телескопов — так называемого Телескопа горизонта событий. Туда входят субмиллиметровые телескопы-интерферометры с большой базой, которые находятся на различных континентах. Как оказалось, в России такого инструмента нет. И тогда на одной из конференций в САО РАН была предложена концепция строительства сети Евразийских субмил-

лиметровых телескопов. По задумке, в ней должны были входить три телескопа: один — в России, один в странах СНГ (Узбекистане, Таджикистане или Киргизии) и один — в КНР. Китай тут вне конкуренции за счёт стабильного финансирования и наличия высоких гор. На данный момент в Китае уже начал реализовываться проект по строительству 15-метрового субмиллиметрового телескопа на высоте 4800 метров над уровнем моря. Горные вершины, близкие к 5 тысячам, — это очень хорошие локации, радиоастрономы-«субмиллиметровщики» всегда ориентируются на телескопы ALMA, находящиеся в чилийской пустыне Атакама на высоте 5000 метров. У нас задача — найти что-то подходящее в России.

— Вы говорите, что направление исследований астроклиматика начало развиваться с вашим приходом в институт. А как же до этого строились эти астрономические обсерватории? Наобум?

* См. статью: Понятов А. Изображение чёрной дыры: что на самом деле получили астрономы. «Наука и жизнь» № 5, 2019 г.

— Нет, конечно. При строительстве обсерваторий астрономы опирались на простые визуальные оценки: где более ясное небо, меньше туманов, слабее ветер. С развитием технологий это перешло на новый уровень обоснованности и точности. Перед строительством часто проводили тестовые наблюдения, чтобы оценить качество изображения. И чем дольше и системнее был этот этап, тем лучше было понимание возможностей будущего телескопа.

— Обычный климат меняется, а астроклимат?

— Да, астроклимат, как и вообще климат, подвержен изменениям. Глобальное потепление и другие климатические изменения оказывают на него влияние, но степень и характер этих изменений зависят от множества факторов. Для некоторых обсерваторий мы уже проводили анализ того, как меняются ключевые параметры астроклимата в связи с глобальным потеплением. Изменения касаются в основном увеличения или уменьшения облачности и уровня влагосодержания в атмосфере. Конечно, эта динамика медленная, но она есть. В чём-то в отрицательную сторону, а в чём-то в положительную. К примеру, тренд по уменьшению количества облачности демонстрирует Терскольская обсерватория, там же наблюдается медленная динамика по увеличению влагосодержания.

— Существует точка зрения, что наземные телескопы не нужны, потому что научились делать орбитальные. Что вы можете сказать по этому поводу?

— Строительство одного космического телескопа — это по стоимости примерно десять наземных среднеразмерных обсерваторий. При этом космический аппарат не сможет физически ре-

шать весь спектр задач, которые успешно решают наземные телескопы. В астрономии каждый инструмент создаётся для решения конкретных задач. Космический и наземный инструменты всегда обладают уникальными преимуществами друг перед другом. Задачи космических телескопов, как правило, сконцентрированы на труднодоступных для Земли объектах, а наземных — на долгосрочных исследованиях и накоплении данных. Поэтому отказ от одного из типов инструментов существенно ограничит наши возможности.

Другая сторона медали в отношении космических инструментов — доступность. Сколько времени будет тратиться на ту или иную задачу? Наверняка будет очередь из задач и жёсткая конкуренция

Проведение астроклиматических измерений.



за время. С наземными проектами в этом плане проще, здесь больше возможностей получить время для наблюдений. Например, у телескопов «Хаббл» или «Джеймс Уэбб» время расписано на несколько лет вперёд, а здесь, на Земле, можно работать в более спокойном режиме.

— Каким образом могут взаимодействовать субмиллиметровые наземные телескопы и космический телескоп типа «Миллиметрона», запуск которого пока откладывается?

— «Миллиметрон» может работать как часть интерферометра вместе с наземными телескопами. Это позволит достичь значительно большего углового разрешения, которое недостижимо при отдельных наземных наблюдениях. Кроме того, тут ситуация взаимного дополнения: «Миллиметрон» может давать высокоеффективные мгновенные данные, а наземные телескопы обеспечивают длительные накопления и гибкость планирования. Поэтому лучше всего такие инструменты работают именно в коллaborации.

— Вас интересует только субмиллиметровый диапазон?

— Исследования астроклимата мы проводим не только для субмиллиметровой астрономии, но и для оптики. Мы знаем, что крупноапертурная субмиллиметровая обсерватория — это достаточно трудо затратный финансовый проект, который может реализовываться не один десяток лет, а в оптике всё гораздо проще. Поэтому сейчас, исследуя астроклимат на Алтае, мы параллельно работаем и в оптике и, надо сказать, получаем очень хорошие результаты. У нас даже зародилась идея в ближайшей перспективе поставить оптический телескоп метрового или двухметрового класса, а, может, и больше, в зависимости от финансовой ситуации. Это позволит создать и расширить сеть телескопов «на подхвате» в разных частях страны. Четыре часа разницы времени с Алтаем — большой плюс. Удаётся непрерывно проводить эстафетные наблюдения, особенно актуальные, к примеру, для задач мониторинга астероидно-кометной опасности.

— Проблема астероидно-кометной опасности очень прикладная, её даже

нельзя назвать чисто фундаментальной.

— Преимущественно да. Но я бы сказал, что это междисциплинарная проблема, где фундаментальная наука служит основой для практических решений. Фундаментальная сторона вопроса даёт понимание тех процессов, которые происходят при столкновениях космических объектов, и эволюции планет. Поэтому практически любой телескоп, особенно широкоформатный, может работать как по прикладным проблемам астероидно-кометной опасности, так и по фундаментальным. Например, по поиску сверхновых.

— Есть ли у вас ещё задачи, которые обязательно хотелось бы выполнить?

— Конечно! С гордостью могу сказать, что я «вырос» в Томске, в Институте оптики атмосферы Сибирского отделения РАН, в лаборатории когерентной адаптивной оптики под руководством профессора Владимира Петровича Лукина. Со студенческих времён я работал по направлению «адаптивная оптика», защитил кандидатскую диссертацию, посвящённую вопросам повышения эффективности таких систем. В те годы мы проводили фундаментальные исследования, создавали и тестировали отдельные узлы, разрабатывали алгоритмы управления и отрабатывали ключевые элементы адаптивной оптики на примере Большого солнечного вакуумного телескопа (БСВТ) Байкальской астрофизической обсерватории.

К сожалению, полноценная действующая система для БСВТ в институте так и не была реализована, но полученные знания стали прочной основой для моих дальнейших планов и проектов. Именно тогда у меня и зародилась мечта — сделать у нас, в России,ирующую на телескопе в рутинном режиме полноценную систему адаптивной оптики. На сегодняшний день у нас в астрономических обсерваториях нет таких действующих систем.

— Зачем нужна такая система?

— Адаптивная оптическая система предназначена для компенсации в реальном времени негативного влияния атмосферной турбулентности при регистрации

астрономических изображений телескопом. Надо различать адаптивную и активную оптику. Активная оптика производит коррекцию инструментальных ошибок оптики телескопа, которые могут быть вызваны механическими, гравитационными изменениями поверхности зеркал или температурной деформацией конструкции. Она работает медленно, производя коррекцию в лучшем случае несколько раз в секунду. А адаптивная оптика — это быстрая система, совершающая несколько сотен циклов коррекции в секунду, ведь атмосферная турбулентность — быстрый процесс. Применительно к такой задаче изучение астроклимата является обязательным этапом, так как все технические параметры и алгоритмы адаптивной системы разрабатываются, исходя из тех динамических свойств атмосферы, которые есть в том или ином месте.

— Как это работает?

— Работу адаптивной системы условно можно разделить на три шага, выполняемых в каждом цикле коррекции: регистрация искажений изображения эталонного объекта, анализ полученных данных с вычислением необходимых сигналов коррекции и последний шаг — оптическая коррекция с помощью деформируемых зеркал. После этого регистрируется исследуемый объект. Циклы работы системы повторяются, для того чтобы в режиме реального времени поддерживать его качественное изображение.

Наибольшее распространение сегодня имеет следующая схема. Регистрацию искажённой турбулентностью изображения эталонного объекта производят датчик волнового фронта. Он состоит из матрицы микролинз и фотоприёмника. Каждая микролинза формирует своё фокальное пятно. Смещение этих фокальных пятен от правильных положений позволяет восстановить профиль волнового фронта и рассчитать управляющие сигналы для корректора.

Элементами системы оптической коррекции являются деформируемые зеркала. Как правило, основу таких зеркал составляют пьезоэлектрические пластины или столбики, приклёнутые к обратной стороне тонкого зеркала. Под

действием управляющего напряжения пьезоэлемент изгибаются или меняет свою длину, тем самым меняя профиль оптической поверхности зеркала, производя коррекцию.

Для работы адаптивной оптики необходимо иметь яркую эталонную звезду вблизи наблюдаемого астрономического объекта. Так называемую опорную звезду, света от которой будет достаточно, чтобы система могла оценить атмосферные искажения. Но при проведении наблюдений далеко не всегда поблизости от исследуемого астрономического объекта есть подходящая яркая звезда. В таких случаях рядом «зажигают» искусственные лазерные опорные звёзды.

Принцип их работы заключается в том, что в атмосферу по направлению наблюдения посыпается мощный лазерный луч. Это либо оранжевый лазер с длиной волны около 589 нанометров, либо зелёный с длиной волны 532 нанометра. Линия 589 нанометров соответствует резонансной частоте натрия. В атмосфере Земли, на высотах примерно 90 километров, находится тонкий слой атомов натрия. Лазерный луч возбуждает их свечение, создавая в небе видимую «точку», которая играет роль звезды. Их так и называют натриевыми звёздами. Зелёный луч лазера создаёт рэлеевские опорные звёзды. Механизм их образования основан на явлении рэлеевского рассеяния света газами и аэрозолями в воздухе на высотах 5–15 километров.

У каждого типа искусственной звезды есть преимущества и недостатки. К примеру, рэлеевская звезда — более дешёвая система, так как можно использовать доступные промышленные лазеры. Но недостаток такой системы в том, что звезда формируется на меньшей высоте, чем натриевая, поэтому датчик волнового фронта измеряет искажения только в нижнем слое атмосферы. Верхние слои атмосферы, где турбулентность тоже значительна, не учитываются, что ограничивает точность коррекции. Таким образом, выбор искусственной звезды — натриевой или рэлеевской — зависит от задач наблюдения, финансового обеспечения и требуемой точности коррекции.

— Значит, главное условие для того, чтобы иметь такую адаптивную оптику, — это финансирование?

— Адаптивная оптика — дорогая штука, изготавливается индивидуально под каждый телескоп. Это не прибор, который купил, повесил, включил тумблер — зара-ботало, как, к сожалению, думают некоторые астрономы. Инициировать эти работы нам очень помогла программа обновления приборной базы от Минобрнауки. Нам удалось закупить достаточно ключевые элементы системы, что позволило начать эти работы в институте. Сейчас мы в процессе создания такой системы для Терскольской обсерватории.

Мне удалось собрать вокруг себя единомышленников, которых объединила общая цель — создание первой в России адаптивной системы, работающей на астрономическом телескопе. Нельзя похвастаться, что это нечто новое, технология известна достаточно давно. В крупнейших мировых обсерваториях такие системы уже работают более 10—15 лет, и это позволяет им получать более качественные данные, иметь большую разрешающую способность и соответственно большую достоверность данных.

— А почему у нас не было таких систем?

— Опять же, из-за отсутствия стабильного финансирования. В Китае, к примеру, штат сотрудников, которые работают над этими задачами, переваливает за сотню человек. А это значит совершенно другой уровень вложений. Вот и результат — наши китайские коллеги имеют адаптивную оптику даже для среднеразмерных, метровых телескопов. У нас в институте команда из шести человек. Мы себе такого не можем позволить. В России даже самый крупный 6-метровый телескоп БТА не оснащен адаптивной оптикой. Мы сознаем, что располагаем не всеми необходимыми ресурсами для оперативного решения задачи. Это требует существенных финансовых и трудовых затрат. Тем не менее мы продолжаем работу и получаем результаты.

— Слышала, что существует и уже применяется программное обеспечение, заменяющее адаптивную оптику. Что думаете по этому поводу?

— Адаптивная оптика работает в режиме реального времени. Это способ увеличить эффективность астрономического телескопа при накоплении сигнала. Вы никакими другими способами не стабилизируете физически сигнал. Да, постобработка изображений с помощью такого программного обеспечения полезна, но оно никогда не заменит адаптивную оптику.

— Какие сроки реализации этого проекта?

— Наш проект развивается поэтапно. В середине 2024 года мы впервые протестировали рэлеевскую лазерную опорную звезду для адаптивной системы — и результаты полностью подтвердили расчёты. Мы уже отработали первый этап коррекции дрожания изображений. Теперь мы ставим задачу — перейти к исправлению большего количества видов искажений, вносимых атмосферой, в том числе и происходящих с высокой частотой. Для этого система должна будет работать быстрее и с большей детализацией. После того как пройдут первые тестовые астрономические измерения, предстоит сложная интеграция системы управления адаптивной оптики в систему управления телескопа. Если всё пойдёт по плану, через два года мы сможем получить первые научные наблюдения с применением адаптивной оптики.

Есть и объективные сложности. На Терскольской обсерватории климат суров: снег тает только к середине июня, а уже в начале октября выпадает новый снег. В октябре 2025 года выпало разом 50 см, что обрезало возможность заезда автомобиля. Сейчас добраться туда можно только пешком — тяжёлое оборудование не завезти. Поэтому рабочий период для активной модернизации ограничен июлем—сентябрём.

— Как же быть?

— Мы заранее проводим все подготовительные работы, затем выезжаем на место. Иногда что-то не получается — приходится возвращаться и дорабатывать. Но каждый раз мы убеждаемся: тщательная подготовка даёт результат — всё реализуется строго по плану. Так, шаг за шагом, мы продвигаем российскую науку вперёд.

Испытание лазерной опорной звезды на Терскольской обсерватории.



Иллюстрации ИНАСАН

и из личного архива Евгения Копылова.

**Книги и журналы «Наука и жизнь»
можно купить в наших магазинах на OZON и WILDBERRIES**



Книги издательства
«Наука и жизнь»



Свежий номер
журнала



Журналы и комплекты
прошлых лет

Покупайте журналы на маркетплейсах со скидкой и быстрой доставкой
в пункты выдачи в России, Беларуси и Казахстане

OZON



WILDBERRIES



Главный редактор Е. Л. ЛОЗОВСКАЯ.

Заместители главного редактора: М. А. АБАЕВ, Н. А. ДОМРИНА.

Зав. отделом корректуры и проверки А. М. БЕЛЮСЕВА.

Редакторы: Л. В. БЕРСЕНЕВА, Н. К. ГЕЛЬМИЗА, Т. Ю. ЗИМИНА, З. М. КОРОТКОВА, А. А. ПОНЯТОВ,
Л. А. СИНИЦЫНА, К. В. СТАСЕВИЧ, Ю. М. ФРОЛОВ.

Дизайн и вёрстка: З. А. ФЛОРИНСКАЯ, Т. М. ЧЕРНИКОВА, Т. Б. КАРПУШИНА, М. М. СЛЮСАРЬ.

Заведующая редакцией: Н. В. КЛЕЙМЕНОВА.

Администратор сайта: Т. М. ВАГИНА. Информационное партнёрство: Е. С. ВЕЛИЧКИНА.

Служба распространения: Д. В. ЯНЧУК, тел. (495) 621-09-71. Служба рекламы: Т. В. ВРАЦКАЯ, тел. (915) 108-04-05.

Информация об условиях размещения рекламы: www.nkj.ru/advert/

Адрес редакции: 101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 24/7, стр. 1. Телефоны: +7 (903) 112-11-99, +7 (495) 624-18-35.

Электронная почта: mail@nj.ru. Электронная версия журнала: www.nkj.ru

- Ответственность за точность и содержание рекламных материалов несут рекламодатели
- Перепечатка материалов — только с разрешения редакции
- Рукописи не рецензируются и не возвращаются
- Выпуск издания осуществлён при финансовой поддержке Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ

© «Наука и жизнь». 2026.

Учредитель: Автономная некоммерческая организация
«Редакция журнала «Наука и жизнь».

Журнал зарегистрирован в Государственном комитете Российской Федерации
по печати 26 февраля 1999 г. Регистрационный № 01774.

Подписано к печати 25.12.2025. Печать офсетная. Тираж 14200 экз. Заказ № 250980.

Цена договорная. Отпечатано в ООО «Первый полиграфический комбинат».

Адрес: 143405, Московская область, Красногорский район, п/о «Красногорск-5», Ильинское шоссе, 4-й км.



Формат А3 (29 × 42 см), 15 страниц, плотная бумага.

ПЕРНАТЫЙ КАЛЕНДАРЬ 2026

Птицы — необыкновенные
существа, чудо природы!
И наблюдать за ними —
настоящее счастье!

Этот мотив звучит во всех
материалах Олега Першина,
натуралиста и фотографа
дикой природы, автора
замечательных статей
о животных в журнале
«Наука и жизнь».

Хотите любоваться пернатым
великолепием целый год?
Для вас «Наука и жизнь» вместе
с Олегом Першиным выпустила
большой настенный календарь
с самыми красивыми птицами!



Приобрести
календарь
можно на сайте
редакции



и в магазине
«Наука и жизнь»
на OZON

НАУКА И ЖИЗНЬ

1

2026



Фото Алексея Захаринского



4 607063 070016



26001

Подписные индексы: П1467, П2831