

УДК 504.064.3:574+520.1+523.44+629.78

**В. К. Тарадий¹, В. Г. Годунова¹, Н. В. Карпов¹,
А. В. Сергеев¹, М. Г. Сосонкин², С. И. Барабанов³**

¹Міжнародний центр астрономічних та медико-екологічних досліджень НАН України, Київ

²Головна астрономічна обсерваторія НАН України, Київ

³Інститут астрономії РАН, Москва, Росія

Контроль потенциально опасных объектов и техногенного загрязнения атмосферы и ближнего космоса на обсерватории Терскол

Надійшла до редакції 30.03.06

Описується застосування комплексів приладів й устаткування високогірної обсерваторії Терскол для відстеження подій та процесів, що відбуваються в атмосфері й близькому космосі. Наводяться практичні результати наземних спостережень, які у поєднанні з даними засобів космічного базування надають можливість більш повного контролю екологічного стану навколишнього середовища.

ВВЕДЕНИЕ

В середине 1980-х годов в среде экологов возникла и начала активно пропагандироваться идея устойчивого развития: если человечество хочет оставить будущим поколениям шанс на выживание и развитие, то необходимо уже сейчас гармонизировать деятельность по освоению окружающего пространства — как наземного, так и околоземного. При этом существенная роль отводится контролю и прогнозированию состояния окружающей среды с целью предотвращения катастроф природного и техногенного характера. Необходимо также более эффективный учет влияния космогелиофизических факторов (космической погоды) на процессы, происходящие на Земле. К таким факторам относятся космическое излучение, столкновение с Землей астероидов и комет, солнечная активность, вызывающая вариации в геомагнитном поле и изменения в атмосфере планеты, и др.

Космические средства мониторинга позволяют

контролировать многие ключевые параметры состояния окружающего пространства. Однако для решения ряда задач больше подходят наземные средства наблюдения. В первую очередь это касается отслеживания космического мусора техногенного происхождения — верхних ступеней ракет, фрагментов космических аппаратов и отработавших свой ресурс спутников.

Наземные исследования по-прежнему остаются незаменимыми и для изучения процессов в атмосфере. Хотя измерения со спутников охватывают практически всю поверхность земного шара, но они имеют сравнительно невысокое пространственное и временное разрешение. В частности, спутниковые данные о параметрах нижних слоев атмосферы — химическом составе, температуре, направлении ветра и т. п. — обладают значительными погрешностями [14, 17].

Следовательно, для получения единой интегрированной системы мониторинга окружающего пространства необходимо объединение наземных

и космических наблюдательных средств. В настоящее время предпринимаются усилия в направлении повышения взаимодействия различных средств контроля и улучшения качества данных. В этой связи важное значение приобретает идея создания обсерватории для мониторинга окружающей среды, которая могла бы, используя наземные средства мониторинга (астрономические телескопы и приборы для изучения атмосферы), проводить исследования, представляющие наиболее значимыми в плане контроля окружающей среды, включающей и атмосферу, и околоземное космическое пространство.

ОБСЕРВАТОРИЯ ТЕРСКОЛ КАК МОНИТОРИНГОВАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

В деятельности обсерватории Терскол Международного центра астрономических и медико-экологических исследований НАН Украины (Северный Кавказ, 3120 м над уровнем моря) как обсерватории мониторинга окружающей среды следует выделить такие основные направления:

- обнаружение и отслеживание потенциально опасных объектов (сближающихся с Землей астероидов, комет);

- контроль засоренности околоземного пространства космическим мусором;
- мониторинг состояния атмосферы (изменение химического состава, стратосферно-тропосферный обмен, трансконтинентальные перемещения загрязненных воздушных масс).

Система мониторинга атмосферы и ближнего космоса на обсерватории Терскол представляет собой измерительно-информационную систему с инструментальными средствами (комплексом аппаратуры для астрономических и атмосферно-оптических наблюдений), развитой структурой баз данных, средствами/методами оперативного сбора, обработки, хранения и передачи информации (см. табл. 1).

Исследования химического состава атмосферы были начаты на пике Терскол еще в конце 1980-х годов и касались определения общего содержания озона, аэрозоля и других газовых составляющих по спектрофотометрическим наблюдениям Солнца. Результаты этих работ продемонстрировали высокую точность использованной методики и широкие возможности ее применения [8].

Здесь мы остановимся на исследованиях экологической направленности, проводимых на обсерватории Терскол в настоящее время.

Таблица 1. Аппаратно-программные средства и информационное обеспечение наблюдений на обсерватории Терскол

Интернет и система передачи и хранения информации:

| | |
|--|-----------------|
| Локальная сеть на все павильоны и инструменты обсерватории | 100 МВ/с |
| Общее число постоянно работающих машин в сети | более 20 |
| Общее число зарегистрированных пользователей | более 50 |
| Выход в интернет через спутник | 512/64 КВ/с |
| Радиомост на нижнюю базу в поселке Терскол (в т.ч. www, FTP, mail) | 11 МВ/с |
| Радиомост на Баксанскую нейтринную обсерваторию ИЯИ РАН | 11 МВ/с |
| Локальный сервер (Elbrus) | 1 |
| Собственное доменное имя | terskol.com |
| Интернет, mail, FTP | www.terskol.com |
| Служба времени (GPS, стандартный радиоканал), погрешность не более | 1 мкс |

Информационная поддержка наблюдений

| |
|--|
| Каталоги USNO, GSC, TYHO, UCAC и др., пакеты программ для работы с ними |
| Пакеты программ для вычисления эфемерид (GUIDE-7 и др.) с интернет-сервисом |
| Быстрый доступ к международным сервисным службам и данным (MPC, DSS, ...) |
| Технические средства для архивации и работы с носителями информации (CD, DAT, ZIP) |

ОТСЛЕЖИВАНИЕ СОБЫТИЙ НА ПЕРЕХОДНЫХ И ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ ОРБИТАХ И КОНТРОЛЬ ЗАСОРЕННОСТИ БЛИЖНЕГО КОСМОСА

Оптические средства наблюдений предоставляют наиболее эффективную возможность обнаружения и отслеживания космического мусора, техногенная составляющая которого, в отличие от естественной (астероидов, метеоров, космической пыли), непрерывно увеличивается в результате запусков новых объектов, выполнения разного рода технологических операций на орбите, а также вследствие аварий космических аппаратов (КА).

Крупный 2-м телескоп, снабженный современными панорамными светоприемниками и средствами цифровой обработки изображений, значительно расширяет возможности оптических наблюдений для сопровождения стартов КА и их движения на переходных и стационарных орбитах, позволяет получать обширную информацию о процессах и состоянии объектов на разных фазах полета, выполняет мониторинг околоземного пространства для обнаружения элементов космического мусора и повышения безопасности полета аппаратов. Он создает следующие преимущества для оптического мониторинга:

- значительное снижение влияния погодного фактора и возможность проведения оптических наблюдений сквозь облачность, в разрывах густых облаков, при любых фазах Луны, в сумерках и т. д.;
- возможность наблюдения очень слабых, а следовательно, и небольших объектов;
- возможность одновременного наблюдения нескольких объектов, движущихся относительно звезд в любом направлении и практически с любой скоростью;
- большой входной световой поток позволяет применить узкополосные светофильтры как для выделения интересующих объектов на фоне оптических помех, так и для наблюдения различных процессов на самом объекте (выбросы вещества, разделение модулей, раскрытие панелей и т. п.);
- большая входная апертура создает благоприятные условия для высокоточной и быстрой фотометрии КА с привязкой данных наблюдений к фотометрическим системам по-

средством наблюдений в качестве стандартов слабых звезд из обзорных каталогов.

Отслеживание событий на геостационарных орбитах и оперативная обработка данных позиционных наблюдений ИСЗ и объектов в их окрестностях проводятся в обсерватории Терскол с 1997 г. [12, 13]; для этих целей был разработан специализированный программный комплекс. Для привязки фотометрических характеристик изображения используются в основном опорные звезды из Guide Star Catalogue (GSC). С учетом ошибок каталога погрешность измерения блеска составляет около 0.1^m , и это значение полностью определяется фотометрическими ошибками каталога GSC.

Характеристики основных измерительных систем комплекса 2-м зеркального телескопа следующие:

средняя квадратичная погрешность регистрации моментов событий — менее 1 мкс;

средняя квадратичная погрешность измерений прямого восхождения и склонения объектов при использовании (с 2004 г.) каталога Twin Astrographic Catalogue UCAC2 составляет $0.3''$;

средняя квадратичная погрешность фотометрических измерений не превосходит 0.1^m ;

проницательная способность телескопа в полосе V при экспозиции 1 с достигает 18^m , а при экспозиции 1000 с — 23^m ;

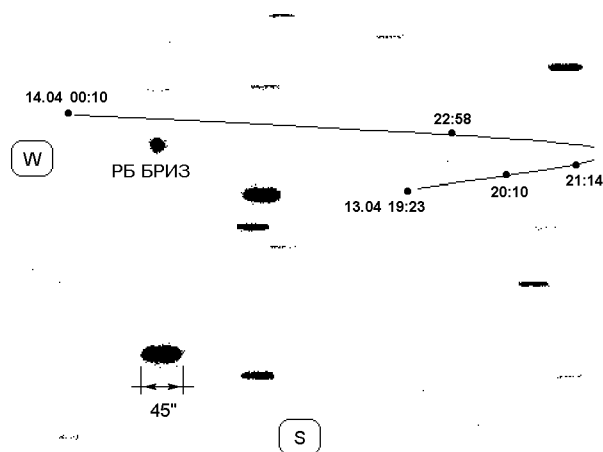


Рис. 1. Видимое взаимное расположение РБ БРИЗ и фрагментов 13/14 апреля 2001 г. по наблюдениям МЦАМЭИ на пике Терскол

для обнаружения доступны объекты на геостационарных орбитах размером менее 10 см и на взаимном расстоянии 1-2".

На рис. 1 показан пример отслеживания и определения орбиты неизвестного объекта, появившегося в момент отделения спутника от разгонного блока (РБ), который по результатам фотометрического анализа вариаций блеска был определен как фрагмент оснастки КА. Высокая проникающая способность телескопа позволяет также обнаруживать и отслеживать развитие во времени процессов выброса вещества (сброса топлива) из разгонного блока в окружающее пространство (рис. 2).

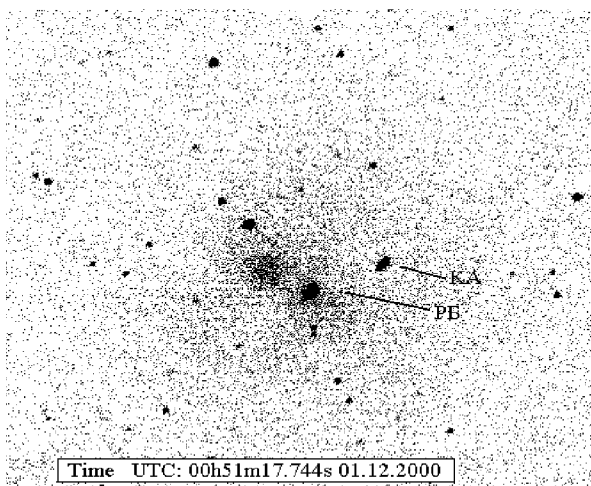


Рис. 2. Выброс вещества из разгонного блока

ОБНАРУЖЕНИЕ И ОТСЛЕЖИВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ, СБЛИЖАЮЩИХСЯ С ЗЕМЛЕЙ

В настоящее время ключевым элементом любых программ исследований по проблеме астероидно-кометной опасности является целенаправленный поиск и каталогизация объектов, сближающихся с Землей (NEOs), для чего разрабатываются специальные методики и наблюдательная аппаратура.

С 2002 г. обсерватория Терскол вместе с другими обсерваториями (в Симеизе, Мондах и Звенигороде) проводит синхронные/квазисинхронные кампании поисковых наблюдений круп-

ных тел в метеорных и болидных потоках [1, 7]. Для каждой обсерватории эфемериды рассчитываются таким образом, чтобы сканировать одну и ту же область пространства на расстояниях от 2 до 10 млн км в зависимости от лучевой скорости входящих в потоки тел. Основная идея используемой при этом методики поиска потенциально опасных тел метрового и декаметрового размера, разработанной сотрудниками Института астрономии РАН, состоит в том, что тела, приближающиеся к Земле, летят в направлении на наблюдателя, и следовательно, имеют малые угловые скорости. Это позволяет на расстоянии в несколько миллионов километров от Земли обнаружить объект размером до единиц метров [2, 5].

По результатам анализа данных наблюдений были обнаружены несколько десятков объектов в метеорных и болидных потоках Персеид, Каприкорнид, Комид, Леонид и других, рассчитаны их предварительные орбиты и определено, что это объекты размером от 1 до 30 м в диаметре и что они принадлежат именно исследуемым метеорным потокам [3, 4].

В рамках сотрудничества с Центром малых планет с целью уточнения элементов орбит на пике Терскол проводятся позиционные наблюдения астероидов, которые входят в список наиболее опасных объектов (NASA Near Earth Object Program). В табл. 2 представлена запись файла с результатами наблюдений астероида 99942 Aopphis (2004 MN4). Наблюдения проводились в мае 2005 г., когда этот объект был доступен только крупным телескопам, оснащенным приемниками излучения с азотным охлаждением. Было получено 37 положений астероида в системе каталога USNO-A2.0. Кроме того, поскольку наблюдения выполнялись в двух фильтрах, дополнительно были получены оценки блеска этого объекта в *R* и *V* полосах для его фотометрии. Данные были переданы в международный банк данных, Центр малых планет (обсерватория Терскол включена в международный список обсерваторий наблюдения NEOs под номером B18).

Наряду с обнаружением и отслеживанием сближающихся с Землей малых небесных тел с целью прогноза места и времени возможного их столкновения с планетой ставится задача определения класса объекта в таксономической сис-

Таблица 2. Результаты позиционных и фотометрических наблюдений астероида 2004 MN4 на обсерватории Терскол 11/12 мая 2005 г.

CODE B18
 ACK MPCReport file updated 2005.05.18 15:27:19
 NET USNO-A2.0

| | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|----|----------|----|----|-------|-----|----|------|------|---|-----|
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 10.76422 | 08 | 33 | 01.23 | +18 | 26 | 59.7 | 19.4 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 10.77139 | 08 | 33 | 02.32 | +18 | 26 | 58.2 | 20.0 | V | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 10.77602 | 08 | 33 | 03.02 | +18 | 26 | 57.6 | 19.6 | V | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 10.78291 | 08 | 33 | 04.10 | +18 | 26 | 56.2 | 19.5 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 10.78718 | 08 | 33 | 04.70 | +18 | 26 | 55.5 | 19.6 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 10.79449 | 08 | 33 | 05.89 | +18 | 26 | 54.0 | 19.4 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 10.79863 | 08 | 33 | 06.52 | +18 | 26 | 53.2 | 19.3 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 10.80280 | 08 | 33 | 07.25 | +18 | 26 | 52.6 | 19.9 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 10.80730 | 08 | 33 | 07.86 | +18 | 26 | 51.7 | 19.6 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 10.81160 | 08 | 33 | 08.56 | +18 | 26 | 51.2 | 19.8 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 10.81741 | 08 | 33 | 09.44 | +18 | 26 | 49.9 | 19.6 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 10.82201 | 08 | 33 | 10.10 | +18 | 26 | 49.1 | 19.5 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 10.82818 | 08 | 33 | 11.11 | +18 | 26 | 47.6 | 20.0 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.73293 | 08 | 35 | 32.61 | +18 | 24 | 19.7 | 20.4 | V | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.73847 | 08 | 35 | 33.58 | +18 | 24 | 17.5 | 20.1 | V | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.74251 | 08 | 35 | 34.33 | +18 | 24 | 17.3 | 20.4 | V | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.75038 | 08 | 35 | 35.46 | +18 | 24 | 14.8 | 19.9 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.75524 | 08 | 35 | 36.29 | +18 | 24 | 14.4 | 20.3 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.75906 | 08 | 35 | 36.88 | +18 | 24 | 13.6 | 20.1 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.76288 | 08 | 35 | 37.43 | +18 | 24 | 13.0 | 19.7 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.76670 | 08 | 35 | 38.04 | +18 | 24 | 12.0 | 20.2 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.77052 | 08 | 35 | 38.57 | +18 | 24 | 11.7 | 19.5 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.77434 | 08 | 35 | 39.08 | +18 | 24 | 11.5 | 20.7 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.77816 | 08 | 35 | 39.73 | +18 | 24 | 10.0 | 20.2 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.78198 | 08 | 35 | 40.23 | +18 | 24 | 08.9 | 20.1 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.78963 | 08 | 35 | 41.41 | +18 | 24 | 07.9 | 20.0 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.79345 | 08 | 35 | 42.07 | +18 | 24 | 07.2 | 20.0 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.79727 | 08 | 35 | 42.64 | +18 | 24 | 06.7 | 19.8 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.80109 | 08 | 35 | 43.28 | +18 | 24 | 05.3 | 19.9 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.80491 | 08 | 35 | 43.86 | +18 | 24 | 04.9 | 19.5 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.80873 | 08 | 35 | 44.52 | +18 | 24 | 04.7 | 20.1 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.81255 | 08 | 35 | 45.02 | +18 | 24 | 03.5 | 19.9 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.81637 | 08 | 35 | 45.60 | +18 | 24 | 02.9 | 19.4 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.82019 | 08 | 35 | 46.19 | +18 | 24 | 02.0 | 20.0 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.82400 | 08 | 35 | 46.82 | +18 | 24 | 00.8 | 20.4 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.82782 | 08 | 35 | 47.32 | +18 | 24 | 00.5 | 19.7 | R | B18 |
| 2004MN4 | C2005 | 05 | 11.83164 | 08 | 35 | 48.00 | +18 | 23 | 59.7 | 20.0 | R | B18 |

теме классификации. Таксономический класс дает возможность судить о свойствах поверхности и внутреннем строении объекта и на основании этого определять его происхождение. Данная задача представляется важной в связи с тем,

что последствия столкновения Земли с телом астероидного происхождения будут существенно отличаться от таковых при столкновении с телом кометного происхождения, поскольку возможность сгорания, испарения вещества тела

или распада самого тела в атмосфере планеты различна в том и другом случае [9].

Определение таксономического типа небесного тела — это сложная наблюдательная задача, которая подразумевает разнородные измерения излучения от него. Основу таких измерений составляют поляриметрия, высокоточная фотометрия и спектральные измерения с низким разрешением (или узкополосная фотометрия) вплоть до ближней ИК-области спектра [6]. Приборная оснащенность 2-м телескопа обсерватории Терскол обеспечивает возможность регулярных наблюдений NEOs вплоть до 15—16^m с подвесным спектрографом в фокусе Кассегрена, который позволяет, не меняя съемной аппаратуры, проводить также фотометрические и поляриметрические измерения объекта в режиме разделенного времени [10]. Для определения фотометрических характеристик используется ПЗС-камера 512×512, охлаждаемая жидким азотом, и светофильтры системы *UBVR*. Длительность экспозиций — от 30 мин до 1 ч, масштаб изображения — около 1"/пкл. Точность позиционных наблюдений определяется точностью используемого каталога и составляет менее 0.3" [11].

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ

Наблюдаемые в течение последних десятилетий изменения химического состава атмосферы, в том числе уменьшение озонового слоя, и связанные с этим глобальные и региональные колебания климата обуславливают необходимость контроля атмосферных параметров.

С одной стороны, необходим мониторинг возрастающих концентраций загрязняющих газов в нижнем слое атмосферы (приземного озона, оксидов азота, углерода и т. п.). С другой стороны, важно отслеживать, в частности, изменения количества озона на разных высотах, поскольку именно эти изменения вызывают нарушения в вертикальном распределении температуры в атмосфере, вариации в радиационных потоках и перемещение воздушных масс. Все эти обстоятельства в значительной степени влияют на климат Земли.

Мониторинг газового состава атмосферы стал на протяжении последних лет одним из основ-

ных направлений прикладных исследований на Терсколе. Это обусловлено тем, что пик Терскол является уникальным пунктом с точки зрения экологического контроля атмосферы и изучения климатических изменений. Здесь весомое значение приобретает тот факт, что существующие мониторинговые сети имеют очень мало станций в юго-восточной части Европы, а надежный контроль атмосферы в целом и ее составляющих может основываться лишь на однородных продолжительных наблюдениях с точек, равномерно распределенных по земной поверхности [15].

Благодаря удаленности обсерватории Терскол от промышленных и густонаселенных районов и значительной высоте над уровнем моря получаемые здесь наблюдения представляют собой важную информацию для изучения фонового состава атмосферы, для определения путей и направлений трансконтинентального переноса загрязненных воздушных масс, а также для изучения стратосферно-тропосферного обмена [16]. К тому же наличие телескопов позволяет использовать астрономические методы для определения химического состава атмосферы. Накопленные в течение десятилетия спектры неба и небесных объектов предоставляют возможность получения информации о поведении парниковых и других газов на продолжительных отрезках времени.

Уникальные возможности обсерватории Терскол используются в ряде уже реализуемых и планируемых международных экологических программ. В частности, МЦАМЭИ входит в число участников сети передового опыта ACCENT- проекта 6-й рамочной программы ЕС, направленного на выработку общеевропейской стратегии по исследованию атмосферных изменений (<http://www.accent-network.org>).

В настоящее время станция Терскол, осуществляющая фоновый мониторинг на территории Российской Федерации, выполняет измерения концентрации приземного озона. К задачам, которые призвана решать региональная станция экологического мониторинга, относятся:

- создание системы непрерывного контроля состояния нижнего слоя тропосферы, т. е. оперативные измерения и накопление информации о концентрации загрязняющих газов и метеорологических параметрах;
- обработка данных и их анализ с использова-

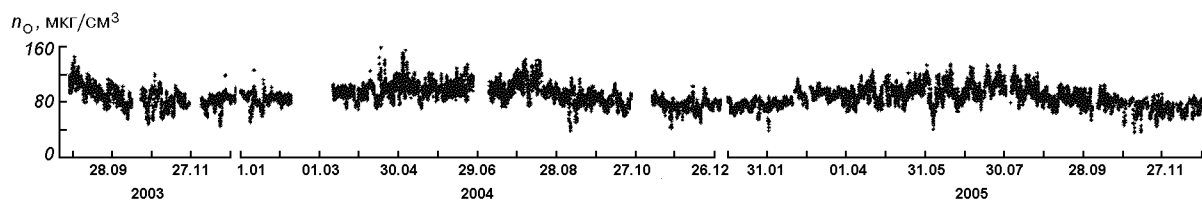


Рис. 3. Данные наблюдений концентраций приземного озона в районе пика Терскол в 2003—2005 гг.

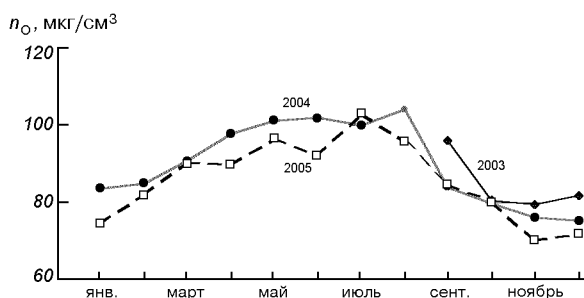


Рис. 4. Среднемесячные значения концентраций приземного озона в районе пика Терскол: ромбики — 2003 г., точки — 2004 г., квадратики — 2005 г.

нием данных других станций для исследования путей трансконтинентального и вертикального перемещения воздушных масс;

- анализ долгосрочных изменений химического состава тропосферы и сравнение этих изменений с глобальными;
- получение информации об общем содержании озона и других газов в атмосфере (в частности, с использованием астрономических методов).

Работы по организации на пике Терскол станции экологического мониторинга были начаты в 2003 г. — тогда здесь был установлен озонометр DASIBI 1008 UV Photometric Ozone Analyzer, который непрерывно производит автоматические измерения концентрации озона в окружающем воздухе. Данные представляют собой ежеминутные замеры, а также усредненные 10-мин и часовые значения концентраций озона. На рис. 3 представлены ряды данных, полученные с августа 2003 г. по декабрь 2005 г. Анализ данных показывает явно выраженный сезонный ход: наибольшие среднемесячные концентрации приземного озона в районе пика Терскол (на высоте 3120 м над уровнем моря) наблюдаются

в апреле—августе и составляют около 100 мкг/см^3 (50 ppbv); зимние месяцы характеризуются значительным снижением среднемесячных значений — до 70 мкг/см^3 (рис. 4). Летом отдельные среднечасовые значения могут достигать 180 мкг/см^3 , а минимумы наблюдаются зимой — менее 40 мкг/см^3 . Суточные вариации, проанализированные по всему набору данных, демонстрируют зависимость изменений концентраций озона от таких факторов — помимо обычных фотохимических процессов — как метеорологические явления, вертикальный и горизонтальный перенос загрязненных воздушных масс, интрузия стратосферного озона и др.

Станция экологического мониторинга Терскол имеет серьезные перспективы для развертывания и совершенствования, прежде всего за счет инсталляции новых приборов и эффективного внедрения методов определения по астрономическим спектрам долговременных изменений химического состава атмосферы, в частности общего содержания озона, стратосферного диоксида азота и других парниковых газов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение состояния окружающего пространства и прогнозирование кратковременных и долговременных его изменений является одним из важнейших условий достижения устойчивого развития. Исследования, проводимые на обсерватории Терскол с использованием современных аппаратно-программных средств (инструментов, методик, каналов связи и т. д.) обеспечивают возможность эффективного контроля атмосферы и околоземного космического пространства, что, собственно, и является задачей первостепенной важности в работе мониторинговой обсерватории.

1. Багров А. В., Баканас Е. С., Барабанов С. И. и др. О миграции малых тел Солнечной системы и обнаружении потенциально опасных небесных тел, включая фрагменты «космического мусора» // Кинематика и физика небес. тел. Приложение.—2003.—№ 4.—С. 261—264.
2. Багров А. В., Болгова Г. Т., Микиша А. М. и др. Программа наблюдений крупных тел в метеорных и болидных потоках // Тез. докл. конф. «Программы наблюдений высокоорбитальных спутников Земли и небесных тел Солнечной системы». — СПб: ИТА РАН, 1994.—С. 17—18.
3. Баканас Е. С., Барабанов С. И., Болгова Г. Т. Астрономический аспект проблемы космической защиты Земли // Околоземная астрономия-2003 / Под ред. Л. В. Рыхловой и др. — СПб.: ВВМ, 2003.—Т. 1.—С. 16—37.
4. Барабанов С. И. Наблюдения крупных тел в метеорных потоках за пределами атмосферы Земли // Околоземная астрономия (космический мусор) / Под ред. А. Г. Масевич. — М.: Космосинформ, 1998.—С. 214—230.
5. Барабанов С. И., Болгова Г. Т., Микиша А. М. и др. Обнаружение крупных тел в метеорных потоках за пределами земной атмосферы // Письма в Астрон. журн.—1996.—22.—С. 945—949.
6. Барабанов С. И., Гумеров Р. И., Сергеев А. В. и др. Предварительные результаты фотометрических и спектрометрических наблюдений избранных астероидов, сближающихся с Землей // Тез. докл. междунар. конф. «Околоземная астрономия-2005» (Казань, 19—24 сентября 2005 г.). — Казань: ИНАСАН и КГУ, 2005.—С. 67.
7. Барабанов С. И., Дерюгин В. А., Зайцев А. В. и др. О подготовке демонстрационного эксперимента «Астероид—Прогноз» // Околоземная астрономия-2003 / Под ред. Л. В. Рыхловой и др. — СПб.: ВВМ, 2003.—Т. 1.—С. 217—226.
8. Бурлов-Васильев К. А., Васильева И. Э., Терез Г. А. и др. Определение общего содержания озона по спектрофотометрическим наблюдениям Солнца в УФ-области спектра // Кинематика и физика небес. тел.—2000.—16, № 3.—С. 266—273.
9. Микиша А. М., Смирнов М. А., Смирнов С. А. Мало-размерные тела в околоземном космическом пространстве: опасность столкновения с Землей и возможность предотвращения катастрофы // Столкновения в околоземном пространстве (космический мусор) / Под ред. А. Г. Масевич. — М.: Космосинформ, 1995.—С. 91—103.
10. Мусаев Ф. А., Сергеев А. В. Многомодовый спектрометр для фокуса Кассегрена телескопа Цейсс-600 // Тез. науч. конф. «Околоземная астрономия-2003» (8—13 сентября 2003 г., Терскол, КБР, Россия). — М.: ИНАСАН и МЦАМЭИ, 2003.—С. 45.
11. Сергеев А. В., Карпов Н. В., Тарадий В. К. и др. Фотометрия астероидов и ИСЗ // Тез. докл. междунар. конф. «Околоземная астрономия-2005» (Казань, 19—24 сентября 2005 г.). — Казань: ИНАСАН и КГУ, 2005.—С. 50.
12. Тарадий В. К. Навигация искусственных небесных тел по данным оптических наблюдений в обсерватории на пике Терскол // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка.—2006.—№ 2.—С. 82—97.
13. Тарадий В. К., Сергеев А. В., Карпов Н. В. Прецизионный измерительный комплекс определения положения объектов в ближнем космосе // Измерительная техника.—2006.—№ 3.—С. 38—42.
14. Blumenstock T., Griesfeller A., Hase F., et al. Comparison of MIPAS O₃ profiles with ground-based measurements // Proc. of ENVISAT Validation Workshop (Frascati, Italy, 9—13 Dec 2002). — ESA/SP-531, August 2003.
15. Lindskog A., Beekmann M., Monks P., et al. Tropospheric ozone research // Towards cleaner air for Europe — Science, Tools and Applications. P. 2. Overview from the Final Reports of the EUROTRAC-2 Subprojects / Eds P. M. Midgley, M. Reuter. — Weikersheim, Margraf Verlag.—2003.—P. 251—270.
16. Penkett S. A., Law K. S., Platt U., et al. European export of particulates and ozone by long-range transport // Towards cleaner air for Europe — Science, Tools and Applications. P. 2. Overview from the Final Reports of the EUROTRAC-2 Subprojects / Eds P. M. Midgley, M. Reuter. — Weikersheim, Margraf Verlag, 2003.—P. 99—108.
17. Velden Ch., Daniels J., Stettner D., et al. Recent innovations in deriving tropospheric winds from meteorological satellites // Bull. Amer. Meteor. Soc.—2005.—86.—P. 205—223.

MONITORING OF NEOS AND TECHNOGENIC POLLUTION OF THE ATMOSPHERE AND OUTER SPACE AT THE TERSKOL OBSERVATORY

V. K. Tarady, V. G. Godunova, N. V. Karpov, A. V. Sergeev, M. G. Sosonkin, S. I. Barabanov

The use of instrumental facilities at the high-altitude Terskol Observatory for the monitoring of events and processes in the atmosphere and outer space is described. The practical results derived from ground-based observations are presented. It is shown that the integrating operational information collected from space and Earth observation platforms would allow better understanding and control of the state of our planet and its environment.