

УДК 523.68; 523.62

Ю. М. Горбанев, канд. физ.-мат. наук, Л. А. Сарест, инж.,

В. А. Шестопапов, асп.

Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова,

НИИ "Астрономическая обсерватория"

Парк Шевченко, 10, Одесса, 65014, Украина

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРНЫХ ПОТОКОВ НА АТМОСФЕРУ ЗЕМЛИ ПРИ НАБЛЮДЕНИЯХ НА О. ЗМЕИНЫЙ

Для выявления взаимодействия метеорных потоков с земной атмосферой весьма привлекательны пункты наблюдений, где сведены к минимуму техногенные факторы. Показано, что остров Змеиный, с этой точки зрения, является уникальным пунктом наблюдения, где и были проведены соответствующие измерения.

Использован метод сумеречного зондирования атмосферы и определения распределения интенсивности излучения в спектре свечения дневного и сумеречного неба.

Для проведения измерений был использован сканирующий призмный спектрограф, позволяющий регистрировать излучение зенитной области неба в спектральном диапазоне от 380 до 700 нанометров с шириной спектральной полосы 5–20 нанометров.

Обсуждается перспективность использования описанных наблюдательных методов для решения не только сугубо астрономических задач, но и для задач мониторинга состояния земной атмосферы.

Ключевые слова: спектр, атмосфера, метеорный поток, о. Змеиный.

1. ВВЕДЕНИЕ. Исследование взаимодействия космических тел с атмосферой Земли является одной из важнейших задач астрономии и геофизики. Для астрономии атмосфера является, во-первых, средой, преобразующей излучение, и ее изучение необходимо для исправления получаемых наблюдений, во-вторых, приемником и индикатором влияния вещества, поступающего на Землю из околоземного пространства. Также чрезвычайно важно и жизненно необходимо знать механизмы взаимодействия, а самое главное, последствия воздействия на Землю космических объектов. Например, по результатам [1] общее содержание озона в атмосфере Земли изменяется в период действия так называемых "метеорных потоков" (о метеорных потоках см. ниже). Один из способов исследования поступающей космической пыли — исследование оптических свойств самой атмосферы.

Основной источник межпланетной пыли в атмосфере Земли — метеоры. Метеор — явление взаимодействия космической пылевой частицы с атмосферой на высоте 80–100 км. Пылевая частица массой до 1 грамма влетает в атмосферу со скоростью 11–72 км/с. Именно из-

за большой скорости это явление носит столь масштабный характер. По способу наблюдения (в зависимости от массы и скорости самого метеороида — космического тела до взаимодействия с атмосферой Земли) различают радиометеоры, которые фиксируются радиолокаторами, телескопические метеоры, наблюдаемые при помощи телескопов, и визуальные метеоры, видимые глазом. По массе это пылевые частицы 0,001 г, 0,01 г и 0,1–1 г соответственно. Естественно, есть и более слабые метеоры (с массой метеороида меньше 0,001 г). Их называют микрометеорами.

С августа 2003 г. метеорной группой Астрономической обсерватории при Одесском национальном университете им. И. И. Мечникова (АО ОНУ) ведутся регулярные наблюдения телескопических метеоров. Наблюдения ведутся на наблюдательной станции в с. Крыжановка при помощи телескопа Шмидта и приемника излучения ПЗС-матрицы, работающей в режиме телевизионной камеры, т. е. с временным разрешением 1/25 секунды, и точностью определения координат на небесной сфере до 1,5". На рис. 1 приведены примеры полученных изображений метеоров. Специфика данных наблюдений состоит в том, что фиксируется развитие самого метеорного явления с временным разрешением 0,04 с. Телескопические телевизионные наблюдения используются для регистрации отдельных метеоров. Но существует проблема определения глобального притока метеорного вещества в земную атмосферу.

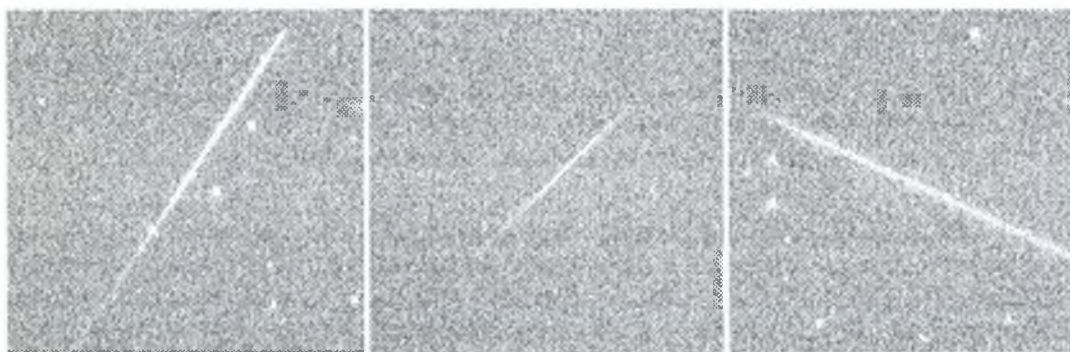


Рис. 1. Изображения метеоров, полученных авторами

Для решения данной задачи используются наблюдения спектра свечения атмосферы, т. е. регулярный мониторинг спектра излучения атмосферы в различных спектральных интервалах в период действия так называемых метеорных потоков. Метеорный поток — поток метеорных тел, обладающих общим происхождением и движением. Большинство из них действует регулярно и являются остатками комет. Т. е. в определенное время года Земля на своем пути по орбите пересекает пылевое облако, являющееся остатком кометы, в результате чего начинает действовать метеорный поток.

Мониторинговые наблюдения свечения дневного, сумеречного и ночного неба ведутся в Японии, США, Израиле [5–7].

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ. С 2001 г. в метеорной группе АО ОНУ проводились регулярные наблюдения спектра дневного и сумеречного свечения атмосферы при помощи дифракционного спектрографа [2]. После обработки полученных наблюдений оказалось, что в период действия максимумов метеорных потоков Персеид, Леонид и Геминид наблюдается повышение интенсивности линии натрия Na на 35–40 %, в то время как интенсивность линий азота N и кислорода O не изменяется. Это связано с тем, что в высоких слоях атмосферы натрий имеет не природное или антропогенное происхождение, а его источником являются метеоры.

Но, как указывают метеорные исследования [3], не только натрий, но и другие элементы (например, кальций Ca, магний Mg, литий Li, калий K и др.) вещества метеорных частиц могут служить индикатором взаимодействия метеорного потока с атмосферой Земли. Поэтому возникла идея о создании сканирующего спектрографа для поиска метеорной составляющей в земной атмосфере. Подготовка к экспедиции на о. Змеиный ускорила создание такого прибора. Кроме того, о. Змеиный ценен для любых наблюдений (и астрономических, и геофизических) тем, что техногенные факторы здесь сведены к минимуму (имеется в виду глобальные техногенные факторы, связанные с деятельностью человека — влияние искусственного освещения, промышленные аэрозоли, поглощающие излучение, шумы, вибрации и пр.).

3. ПРИБОР И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ. На рис. 2 представлено схематическое изображение однопризменного сканирующего спектрографа, использованного для получения наблюдательного материала в данной работе.

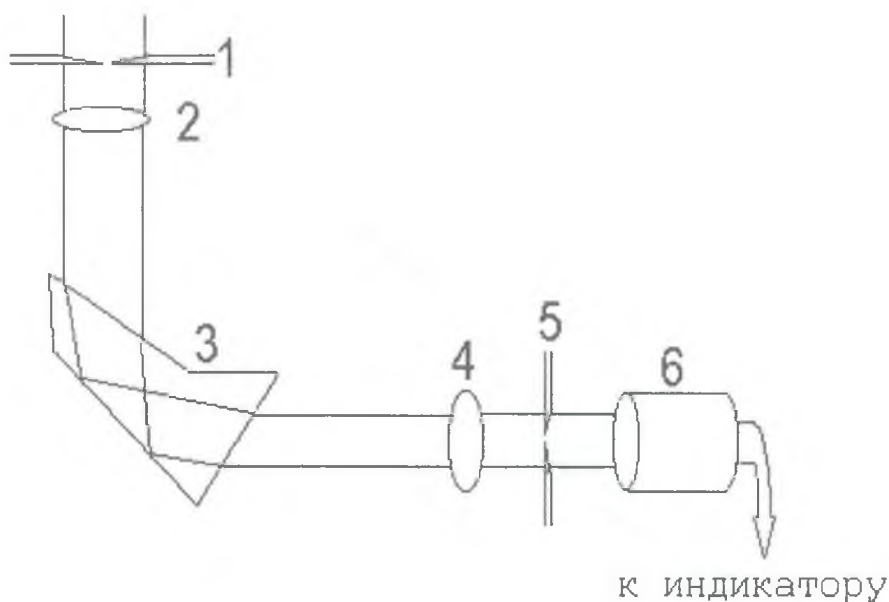


Рис. 2. Схематическое изображение сканирующего спектрографа

Он состоит из: 1 — входной щели коллиматорной трубы; 2 — объектива коллиматора; 3 — призмы Аббе; 4 — камерного объектива; 5 — выходной щели и 6 — приемника. Определенное положение призмы соответствует определенной длине волны и сканирование спектра поступающего излучения осуществляется путем поворота призмы на определенный угол.

Прибор предназначен для различных спектроскопических исследований, в том числе: эмиссионного спектрального анализа, анализа по спектрам поглощения, комбинационного анализа. Такой прибор удобен для спектроскопических исследований протяженных источников излучения, к которым относится и атмосфера Земли.

В качестве приемника излучения использовался так называемый PIN — диод, который имеет расширенный спектральный диапазон, высокий квантовый выход, высокое быстродействие в фотодиодном включении. Усилитель — преобразователь представляет собой дифференциальный интегратор с переменной направления интегрирования, при этом с частотой 75...150 Гц изменяется режим включения фотодиода: из вентильного в фотодиодный. Такой режим резко снижает влияние тепловых и флуктуационных шумов, темнового тока. Информация об освещенности фотодиода представляет собой разницу по модулю вольт-секундной площади (длительности) выходных разнополярных импульсов.

Фотометр на базе PIN — диода совместно с монохроматором позволяет получать спектры земной атмосферы, как в сумерках, так и в течение дня. Конструкция приемной части позволяет использовать фотометр в составе различной аппаратуры в полевых условиях.

Основная характеристика приемника излучения — спектральная чувствительность. На рис. 3 представлен график спектральной чувствительности используемого PIN-диода (1 — длина волны в нанометрах, S_λ — спектральная чувствительность в относительных единицах). Кривая спектральной чувствительности была получена авторами на спектрофотометре СФ-16 и является характерной для приемников излучения такого типа [4].

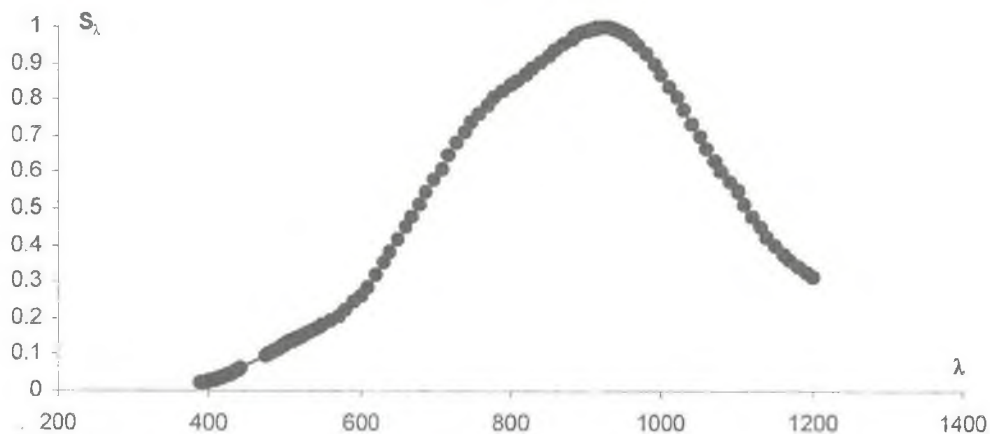


Рис. 3. Спектральная чувствительность приемника излучения

Так как рабочим диапазоном является видимый диапазон спектра (380–700 нанометров), то получаемый материал необходимо исправлять за спектральную чувствительность — изменение чувствительности на данном спектральном интервале весьма значительно (на длине волны 700 нанометров чувствительность приемника в 5 раз выше, чем на длине волны 380 нанометров).

Для перевода получаемых отсчетов из единиц прибора в абсолютные единицы — нанометры, была промеряна эталонная лампа, имеющая лабораторный спектр "ртуть + натрий". На рис. 4 приведен график полученной калибровочной зависимости отсчета прибора от длины волны.

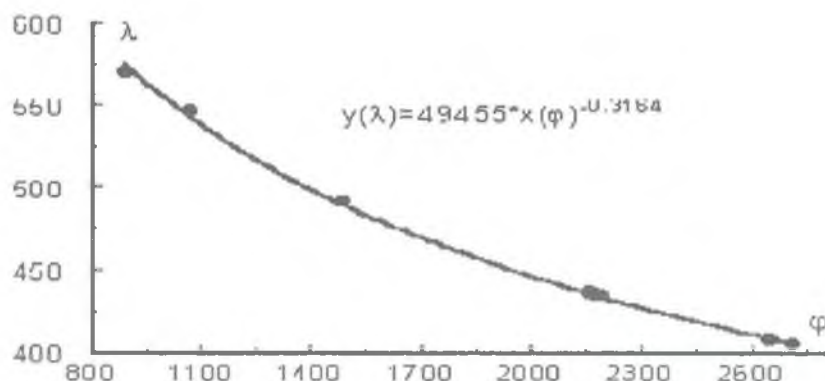


Рис. 4. Калибровочная кривая

4. НАБЛЮДЕНИЯ. Во время экспедиции с 20 по 24 августа 2003 г. Шестопаловым В. А. была получена серия дневных (7 сканов с шагом 50 градусов и 6 сканов с шагом 10 градусов) и сумеречных наблюдений (5 сумеречных кривых в спектральном диапазоне около 589 нанометров (3 вечерних и 2 утренних)) спектра свечения атмосферы. Измерения спектра свечения атмосферы проводились в зенитной области небесной сферы. Для получения наблюдательного материала в южной части острова была установлена палатка, подведено электричество и собран прибор.



Кроме этого производились и визуальные ночные наблюдения для оценки предельной видимой звездной величины.

Сумеречные наблюдения проводились при фиксированной длине волны 589 нанометров. На рис. 5 приведена сумеречная кривая, полученная в период вечерних сумерек 23 августа 2003 г. (B — высота Солнца над горизонтом (положительные значения) и под горизонтом (отрицательные значения) в градусах, I — величина сигнала в относительных единицах).

Для сравнения наблюдений, полученных на о. Змеином, на наблюдательной станции в с. Крыжановка (прибрежная зона вблизи промышленных объектов) также были получены спектры дневного свечения атмосферы.

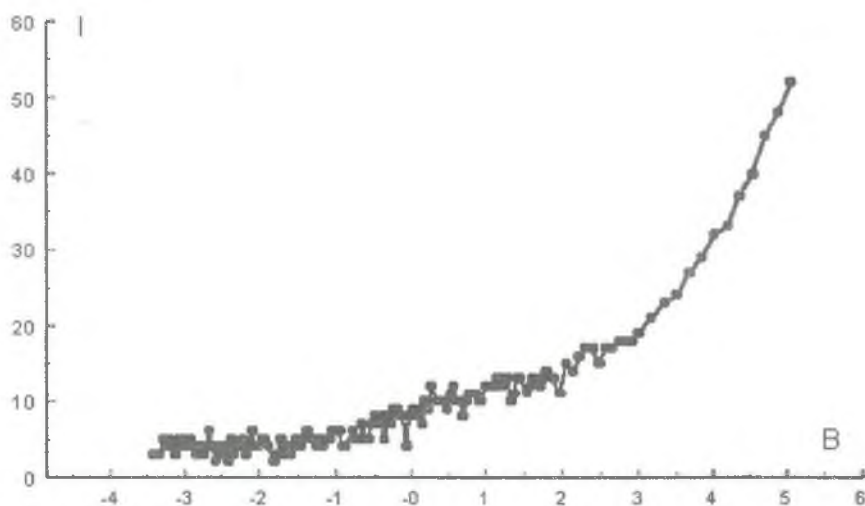


Рис. 5. Вечерняя сумеречная кривая 23 августа 2003 г.

На рис. 6 приведены 4 спектра свечения дневного неба: верхние два получены на о. Змеином (при высотах Солнца 54 и 49 градусов), нижние два — на наблюдательной станции в с. Крыжановка (при тех же высотах Солнца). По оси абсцисс отложена длина волны в нанометрах, по оси ординат — интенсивность спектра.

В результате предварительной обработки полученного наблюдательного материала оказалось, во-первых, что в период наблюдений флуктуации в спектре свечения атмосферы на о. Змеином в 1,5–2 раза меньше флуктуаций в спектре свечения атмосферы, полученном в с. Крыжановка. Это может служить некоторой оценкой стабильности атмосферы на острове во время наблюдений, но окончательные выводы можно сделать только после продолжительного ряда наблюдений.

Во-вторых, спектральные линии, связанные с эмиссией различных аэрозолей практически неотличимы от континуума, т. е. концентрация аэрозольной составляющей в районе о. Змеиный невысока. Также о меньшей запыленности говорит тот факт, что общий уровень спектра

атмосферы в районе о. Змеиный выше, т. е. поглощение, связанное с наличием аэрозолей в атмосфере, меньше.

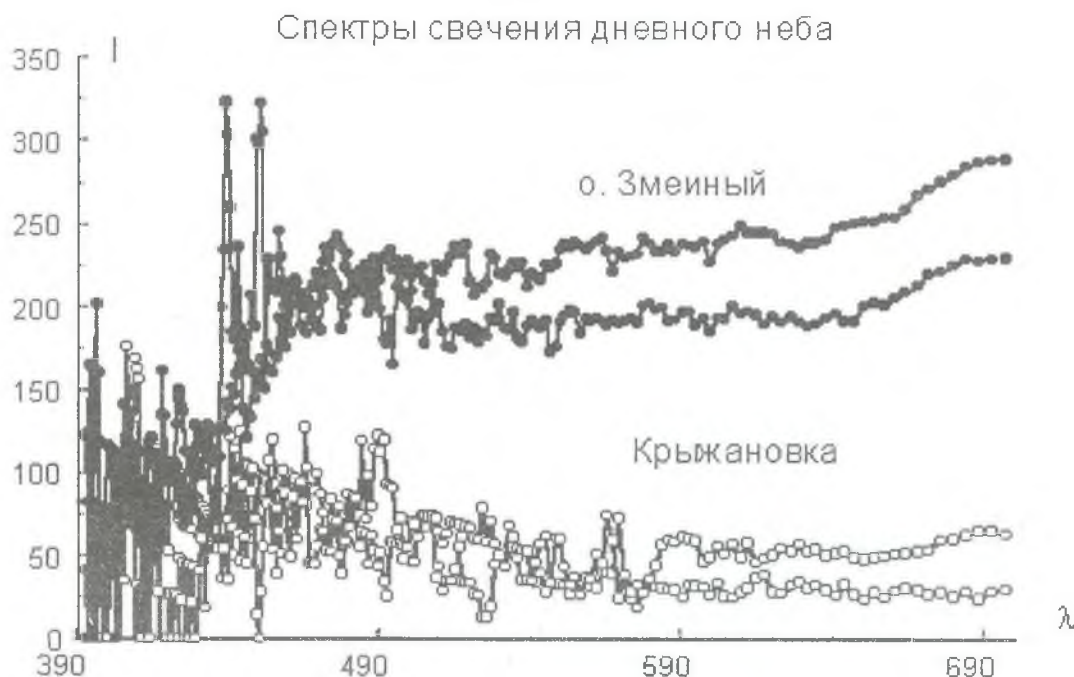


Рис. 6. Спектры свечения атмосферы Земли

5. ВЫВОДЫ. Проведение астрономических наблюдений на острове возможно в дневное, сумеречное и ночное время суток. Остров Змеиный представляет несомненный интерес для проведения регулярных астрономических наблюдений.

Условия ночных наблюдений позволяют утверждать о возможности проведения астрономических наблюдений по исследованию так называемых зодиакального света и противосияния. Важным фактором для таких наблюдений является открытость горизонта с западной и восточной части небосвода, где и наблюдается самая неизученная часть зодиакального света.

Существует возможность получения качественных спектров дневной и сумеречной атмосферы, что позволит получать прозрачность земной атмосферы в разных длинах волн. Кроме того, при дополнительном изменении приборной части и соответствующей методики, возможен мониторинг аэрозольной составляющей на о. Змеиный.

Требуются более продолжительные и комплексные наблюдения свечения земной атмосферы для получения численных характеристик астроклимата острова.

Авторы выражают благодарность Бондаренко Ю. Н. за искусно изготовленную лампу калибровки, Жукову В. В. за предоставленные технические средства наблюдения, кафедру астрономии при ОНУ

им. И. И. Мечникова за предоставленный прототип использованного в данной работе прибора.

Литература

1. Горбанев Ю. М., Стогнеева В. А., Шестопалов В. А. Корреляция между активностью метеорного потока Персеид и озоном в атмосфере Земли // Труды Первой международной конференции КАММАК-99 "Современные проблемы комет, астероидов, метеоров, метеоритов, астроблем и кратеров" Под редакцией проф. К. И. Чурюмова. Винница, 2000 г., с. 268–278.
2. Горбанев Ю. М., Шестопалов В. А. Натрий метеорного происхождения в атмосфере Земли // Book of Abstracts. International Conference "CAMMAC 2002". Vinnytsia. September 23–29. 2002. — P. 18–19.
3. Шефов Н. Н. Поведение эмиссий верхней атмосферы в периоды высокой метеорной активности // Planet. And Space Sci. — 1968. № 1. — С. 134–136.
4. Филлипов В. А. Приемники излучения в астрономии. — М.: Наука, 1992. — 145 с.
5. Brosch, Noah; Shemmer, Ohad. Airglow and Meteor Rates over Israel during the 1999 Leonid Shower // Earth, Moon, and Planets, v. 82/83, p. 535–543 (1998). (EMandP Homepage).
6. Michaille L., Clifford J. B., Dainty J. C., Gregory T., Quartel J. C., Reavell F. C., Wilson R. W., Wooder N. J. Characterization of the mesospheric sodium layer at La Palma // Mon. Not. R. Astron. Soc. 328, 993–1000 (2001).
7. Shinsuke Abe. Chemical evolution of meteoroid through meteor and persistent spectra "Spectroscopic measurements of the airglow during the Leonid shower at the Wise Observatory" // The Leonid MAC Workshop, Mar 15, 2000, Eds. Peter Jenniskens, Meteoritics and Planetary Science, p. E29.

Ю. М. Горбаньов, Л. О. Сарест, В. О. Шестопалов
НДІ "Астрономічна обсерваторія" ОНУ ім. І. І. Мечникова
Парк Шевченка, 10, Одеса, 65014, Україна

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ МЕТЕОРНИХ ПОТОКІВ НА АТМОСФЕРУ ЗЕМЛІ ПРИ СПОСТЕРЕЖЕННЯХ НА О. ЗМІЙНИЙ

Резюме

Для виявлення взаємодії метеорних потоків з атмосферою Землі привабливі пункти спостережень, де зведені до мінімуму техногенні фактори. Острів Зміїний, з цієї точки зору, є унікальним пунктом спостережень, де і були проведені відповідні вимірювання.

У даній роботі використовувався метод сутінкового зондування атмосфери і визначення розподілу інтенсивності випромінювання в спектрі свічення денного та сутінкового неба.

Для проведення вимірювань був використаний скануючий призменний спектрограф, який дозволяє реєструвати випромінювання зенітної області неба в спектральному діапазоні від 380 до 700 нанометрів з шириною спектральної смуги 5–20 нанометрів.

Оговорюється перспективність використання описаних методів спостережень для вирішення не тільки суто астрономічних завдань, але і для задач моніторингу стану земної атмосфери.

Ключові слова: спектр, атмосфера, метеорний потік, о. Зміїний.

Y. M. Gorbanev, L. A. Sarest, V. A. Shestopalov

Astronomical Observatory at the Odessa National I. I. Mechnikov University
10, park Shevchenko, Odessa, 65014, Ukraine

**RESEARCH POSSIBILITIES OF METEOR SHOWERS INFLUENCE
ON THE EARTH ATMOSPHERE DURING OBSERVATIONS ON THE
ZMEINY ISLAND**

Summary

There are some rather attractive observation places for detection of the interaction between meteor streams and the Earth atmosphere, where the technogenic factors are minimized. From this point of view the Zmeiny Island is the unique observation point, where corresponding measurements were made.

In this work the twilight sounding method was used and the distribution of radiation intensity in the spectrum of daylight and twilight sky luminescence was defined.

To carry out the measurements one-prism scanning spectrograph was used; it helps to register zenith sky radiation in the spectrum range from 380 to 700 nanometers with spectral band 5–20 nanometers.

The prospects of the described observation methods use to solve not only especially astronomical problems but also to monitor the Earth atmosphere state are considered.

Keywords: spectrum, atmosphere, a meteor shower, Zmeiny Island.