

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ФИЗИЧЕСКИМИ ПОЛЯМИ г. МОСКВЫ**

*А.А. Спивак, А.В. Адушкин, С.Г. Волосов, Г.Н. Иванченко,  
С.Б. Кишкина, С.А. Королев, А.В. Крашенинников, Д.Н. Локтев,  
Ю.С. Рыбнов, С.П. Соловьев, В.А. Харламов*

Приведено описание Центра геофизического мониторинга, организованного в ИДГ РАН. Рассмотрены первые результаты регистрации сейсмических и акустических колебаний, а также электрического поля в атмосфере в условиях г. Москвы. Показано, что используемые каналы позволяют регистрировать как природные, так и техногенные возмущения наблюдаемых геофизических полей. Приведены предварительные результаты анализа суточного хода сейсмического поля и вертикальной компоненты электрического поля в атмосфере, а также изменений сейсмического, электрического и акустического полей в период барических вариаций в атмосфере.

### **Введение**

Жизнедеятельность человека напрямую определяется его взаимодействием с окружающей средой. Подвергаясь воздействию окружающей среды, человек постоянно воздействует на нее сам. Происходит взаимодействие человека и окружающей среды. При этом, изменяя окружающую среду, человек испытывает на себе все большее ее отрицательное воздействие.

Особое место во взаимодействии человека с окружающей средой занимают города [Адушкин, Спивак, 1995; Климат..., 1995; Москва..., 1997]. Формирование городов, как концентраторов населения и разных видов деятельности человека, привело к тому, что среда обитания стала испытывать значительные техногенные нагрузки. Города оказывают сильное влияние не только на изменение естественного ландшафта и гидрогеологический режим подземных вод и водоемов, повышают загрязненность среды пылью и химическими веществами [Осипов и др., 2006]. В последнее время отдельной нагрузкой на среду стали физические поля – тепловые, электромагнитные, вибрационные и акустические.

Все это увеличило негативное влияние городов, и особенно крупных мегаполисов, на человека. Москва – это типичный мегаполис.

Ограничиваясь физическими полями, рассмотрим кратко основные отрицательные факторы воздействия мегаполиса на среду обитания человека. Концентрация населения, необходимость обеспечения его жизнедеятельности и производственных нужд в пределах значительных по площади территорий требует развития транс-

порта. Негативное воздействие транспорта (автомобильного, железнодорожного (пригородные электрички, поезда дальнего следования, грузовые железнодорожные перевозки), местного такого как метро, трамвай, троллейбус, автобус, легковой транспорт) связано, прежде всего, с шумовой нагрузкой (акустическое воздействие и, в частности, весьма опасное для человека – инфразвуковое). Другие воздействия связаны с вибрацией и электромагнитными возмущениями при работе электропоездов, электричек, троллейбусов и трамваев. Сюда следует добавить и воздушный транспорт. Электростанции, теплоцентрали и любые другие промышленные предприятия вызывают вибрационное, электромагнитное и тепловое воздействие на окружающую среду. Сюда же следует отнести техническое (эксплуатационное) обеспечение жилых и производственных зданий и сооружений – лифтовое и насосное оборудование различного предназначения.

В последние годы в связи с ростом энергопотребления особо следует рассматривать электромагнитные возмущения среды. Здесь же следует отметить, что не в полной мере изучено влияние на человека слабых электромагнитных полей, связанных в последние годы с резким развитием индивидуальных средств связи. Кстати, само по себе развитие связи и коммуникационных технологий вообще вызывает естественный прирост транспортных воздействий, строительства и т.д. То есть факторы мегаполиса часто взаимосвязаны.

Интенсификация строительной деятельности наземных и особенно подземных сооружений разного предназначения – это нарушение естественно сформировавшихся геологических формаций. Как результат – пылеобразование, нарушение режима подземных флюидов. В частности, рост радоновых – весьма опасных для человека эманаций, которые имеют особенность накапливаться в атмосфере и т.д. Другие отрицательные факторы связаны с повышенными уровнями вибрации и шума. Особо стоит отметить строительство высотных сооружений, которые под действием ветровых и других нагрузок формируют низкочастотные колебания грунта, что особенно негативно отражается на его несущих способностях<sup>1</sup>.

Настоящие исследования связаны с созданием в г. Москве (в здании ИДГ РАН) специализированного Центра геофизического мониторинга (ЦГМ) для систематических исследований негативных последствий на среду обитания и инфраструктуру Москвы, природных и техногенных факторов. Другой задачей является сопоставление данных, полученных в ЦГМ с данными ГФО ИДГ РАН «Михнево», расположенной в 85 км южнее г. Москвы и не подверженной влиянию мегаполиса, что позволит выделить локальные источники возмущений геофизических полей, расположенные в пределах мегаполиса, на фоне геофизических процессов, протекающих в средних широтах Восточно-Европейской платформы [Адушкин и др., 2005; Спивак и др., 2005]. Также планируется расширение возможностей ЦГМ на основе использования мобильного комплекса синхронной регистрации геофизических полей [Спивак и др., 2010].

### **Состав Московского геофизического центра**

Перечень регистрируемых средств и методик определяется основными особенностями вариаций геофизических полей: сейсмического, электрического, магнитного, акустического, а также радоновых концентраций в атмосфере. Дополни-

---

<sup>1</sup> Максимальная нагрузка, которую могут нести строительные конструкции, их элементы, а также грунты оснований без потери их функциональных качеств.

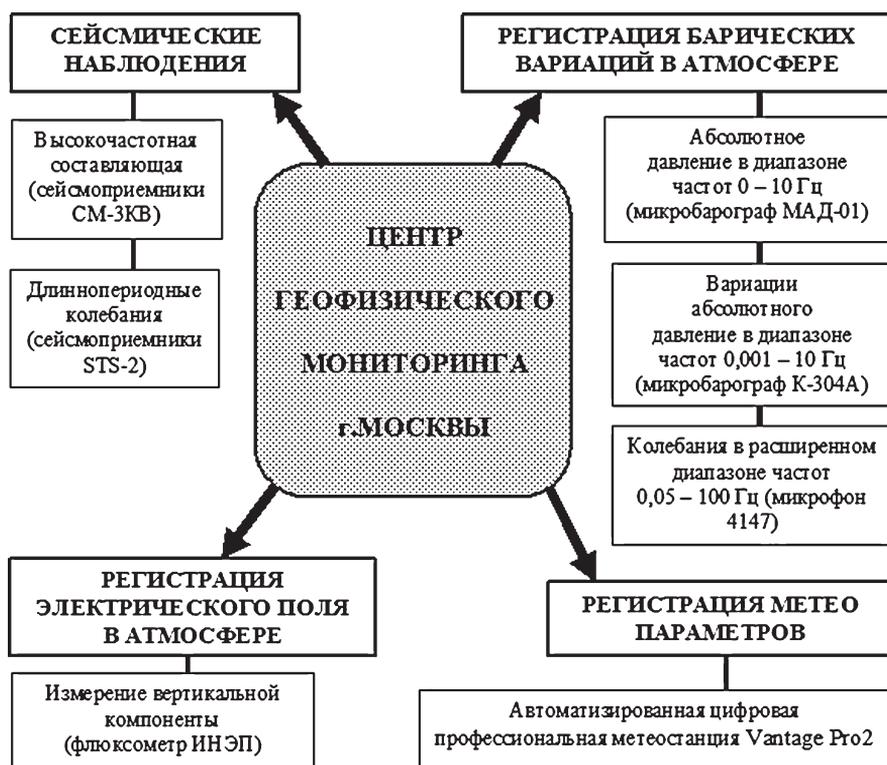


Рис. 1. Схема Центра геофизического (ЦГМ) ИДГ РАН мониторинга г. Москвы

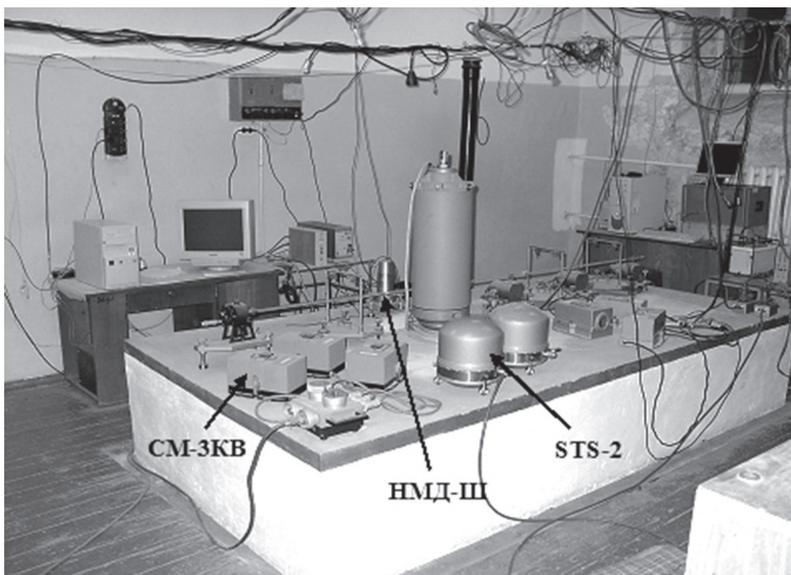
тельно с целью оценки влияния на геофизические поля осуществляется контроль метеорологических условий. Схема Центра геофизического мониторинга г. Москвы представлена на рис. 1.

**Сейсмические колебания.** Регистрация сейсмических и вибрационных колебаний обеспечивается сейсмоприемниками СМ-3КВ (диапазон частот 0,5–40 Гц) и STS-2 (диапазон частот 0,08–20 Гц), размещенными на постаменте в подвальном помещении ИДГ РАН (рис. 2). С целью разработки новых подходов к организации оперативных наблюдений в рамках настоящих исследований выполнены сопоставительные испытания СМ-3КВ и STS-2 и сейсмоприемника СПВ-3К (производства ООО «Логис», г. Раменское).

**Электрическое поле в атмосфере.** Регистрация вертикальной компоненты электрического поля выполняется с помощью флюксометра ИНЭП, размещенного на специальной площадке, оборудованной на крыше ИДГ РАН (рис. 3).

Модернизированный<sup>1</sup> электростатический флюксометр пригоден для проведения измерений напряженности электрического поля в частотном диапазоне от 0 до 10 Гц с амплитудами от 1 до 5000 В/м. На выходе прибора напряжение изменяется

<sup>1</sup> С целью продления срока службы прибора электродвигатель привода ДПМ-30 заменен бесколлекторным Faulhaber (Швейцария), который не имеет щеточных (скользящих) контактов. Электрическая схема ИНЭПа полностью переработана с использованием современных электронных компонентов, что позволило в 2,5 раза увеличить динамический диапазон прибора.



**Рис. 2.** Расположение датчиков на постаменте в подвальном помещении ИДГ РАН



**Рис. 3.** Расположение флюксметра ИНЭП на установочной площадке

в пределах  $\pm 10$  В, что соответствует параметрам большинства аналого-цифровых преобразователей.

С целью устранения неблагоприятного воздействия метеорологических условий (осадки в виде дождя, снега, града) флюксметр установлен так, что регистрирующие пластины расположены снизу прибора<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Совместные испытания электрометров, размещенных в обычном и «перевернутом» положениях показали, что отличие в показаниях не превышает 3%, что заметно ниже погрешности измерений.

**Акустические колебания.** Для регистрации барических вариаций в атмосфере используются микробарометр абсолютного давления МАД-0 (регистрируемый диапазон частот 0–10 Гц) и микробарометр К-304А вариаций абсолютного давления (регистрируемый диапазон частот 0,001–10 Гц), расположенные в подвальном помещении ИДГ РАН. Отдельно выполняется регистрация акустических колебаний в расширенном диапазоне частот, для чего используется измерительный микрофон 4147 совместно с конденсирующим усилителем 2690А-OS2 фирмы Брюль&Кьер (полоса регистрируемых частот 0,05–100 Гц, динамический диапазон 0,01–50 Па).

**Метеорологические условия.** Регистрация параметров атмосферы выполняется с помощью профессиональной метеостанции Vantage Pro2. Измеряется атмосферное давление, температура, влажность воздуха, количество выпавших осадков, интенсивность солнечного излучения (освещенность в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах), скорость и направление ветра, и ряд других параметров.

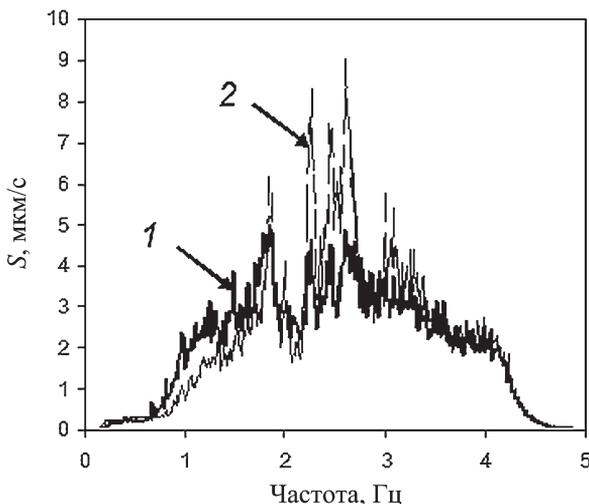
**Наклономерные измерения.** С целью регистрации наклонов земной поверхности в условиях мегаполиса используется двух координатный наклонмер НМД-Ш, установленный на постаменте в подвальном помещении ИДГ РАН.

**Система сбора данных** включает комплекс, состоящий из программируемого регистратора RefTek-130-01, профессионального ноутбука и регистраторов Z-048E.

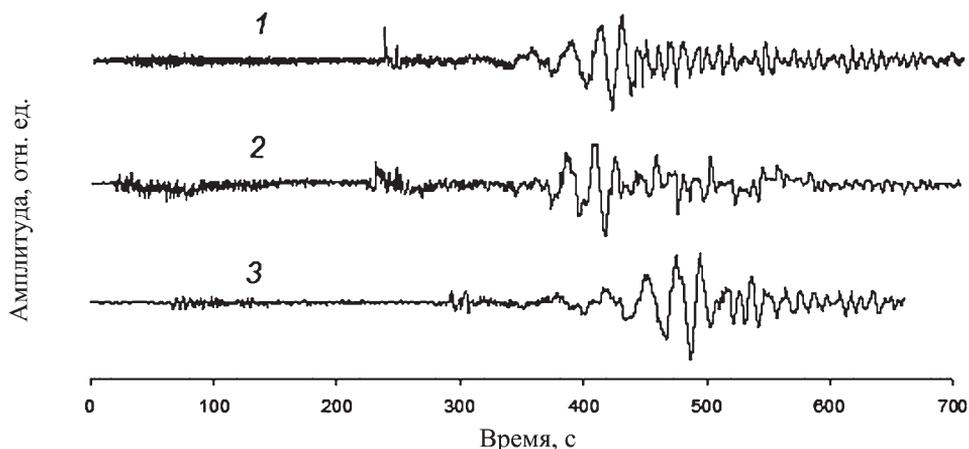
### Предварительные результаты наблюдений в Московском геофизическом центре

Каналы регистрации прошли тестовую проверку и обеспечивают устойчивую непрерывную запись наблюдаемых геофизических полей.

**Сейсмические колебания.** Поле сейсмических колебаний характеризуется в районе ИДГ РАН за период 01.02.2014–01.07.2014 гг. фоновыми амплитудами в диапазоне 0,2–2 мкм/с. Предварительный анализ свидетельствует о том, что основной вклад в сейсмический фон г. Москвы вносят колебания в частотном диапазоне 0,1–5 Гц. При этом характерной особенностью сейсмического фона является превышение спектральных составляющих скорости колебаний в диапазоне 2–3 Гц в ночное время над их амплитудой в дневное время (рис. 4).



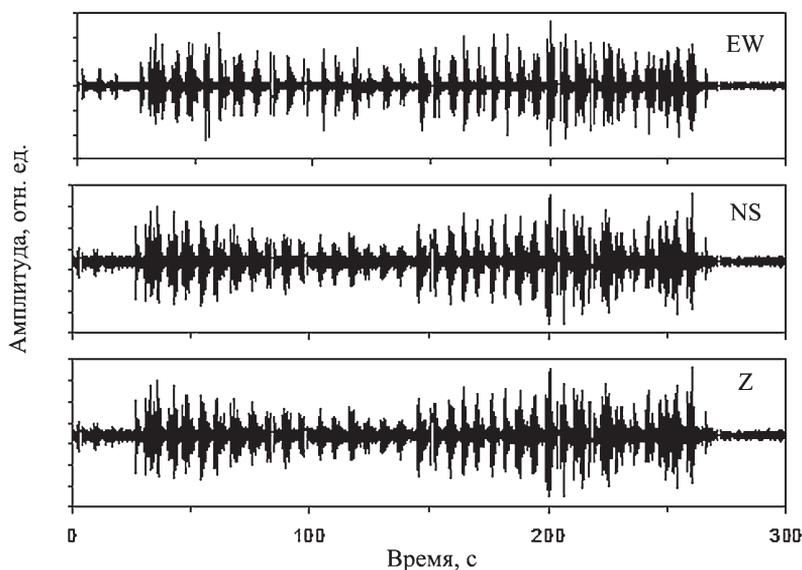
**Рис. 4.** Спектр мощности сейсмических колебаний в г. Москве (ЦГМ ИДГ РАН) в дневное (1) и ночное (2) время



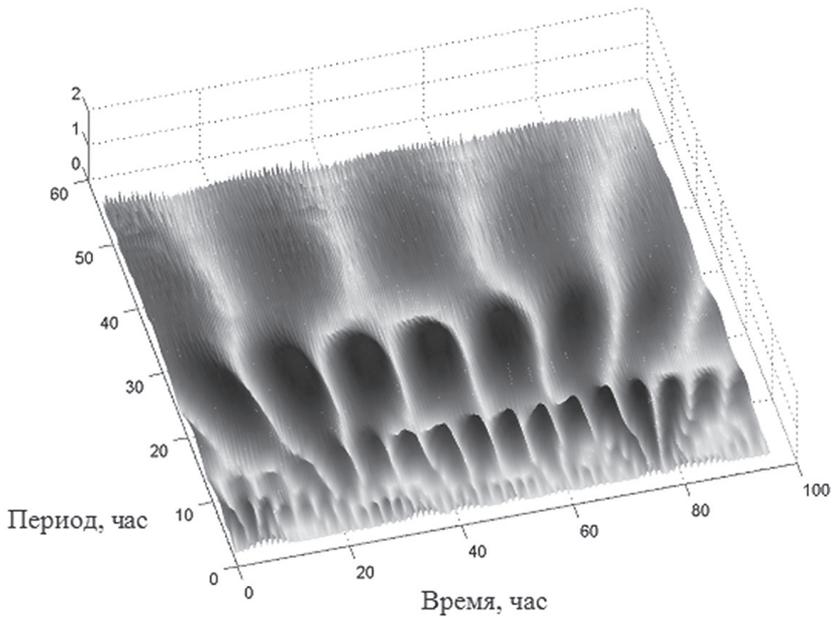
**Рис. 5.** Пример сейсмической записи (компонента EW) землетрясения 26.01.2014 г. (Греция, 38,2082°N; 20,4528°E, магнитуда 6,8) на сейсмических станциях «Михнево» (MHN) – 1, «Обнинск» (OBN) – 2 и в г. Москве – 3

Качество используемых каналов регистрации позволяет выделять сигналы от крупных удаленных землетрясений. В качестве примера на рис. 5 приведены в относительных единицах сейсмические записи землетрясения 26.01.2014 г. (Греция, 38,2082°N; 20,4528°E, магнитуда 6,8). Для сравнения на рис. 5 представлены сейсмические записи события, полученные сейсмическими станциями OBN (г. Обнинск) и MHN (ГФО «Михнево» ИДГ РАН).

В качестве примера техногенного возмущения местного происхождения на рис. 6 представлена сейсмическая запись, выполненная во время праздничного салюта 9 мая 2014 г.



**Рис. 6.** Сейсмические возмущения, вызванные праздничным салютом 9 мая 2014 г.

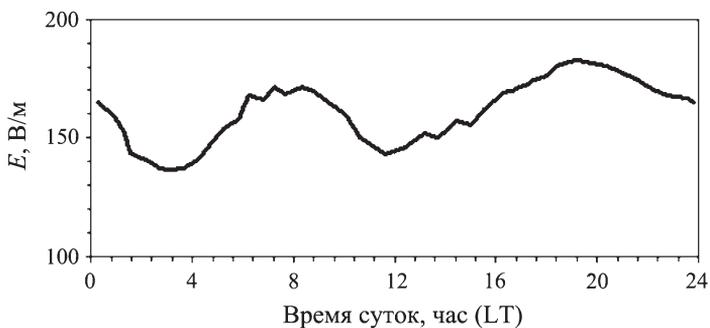


**Рис. 7.** Скалограмма вариаций амплитуды сейсмического фона за период 13–16 марта 2014 г. (вертикальная компонента)

Предварительный анализ свидетельствует о наличии ярко выраженных периодичностей в вариациях сейсмического фона (в качестве иллюстрации на рис. 7 приведены результаты вейвлет-анализа вариаций вертикальной компоненты, на котором хорошо видны полусуточные, суточные и двухсуточные периодичности вариаций амплитуды микросейсмических колебаний).

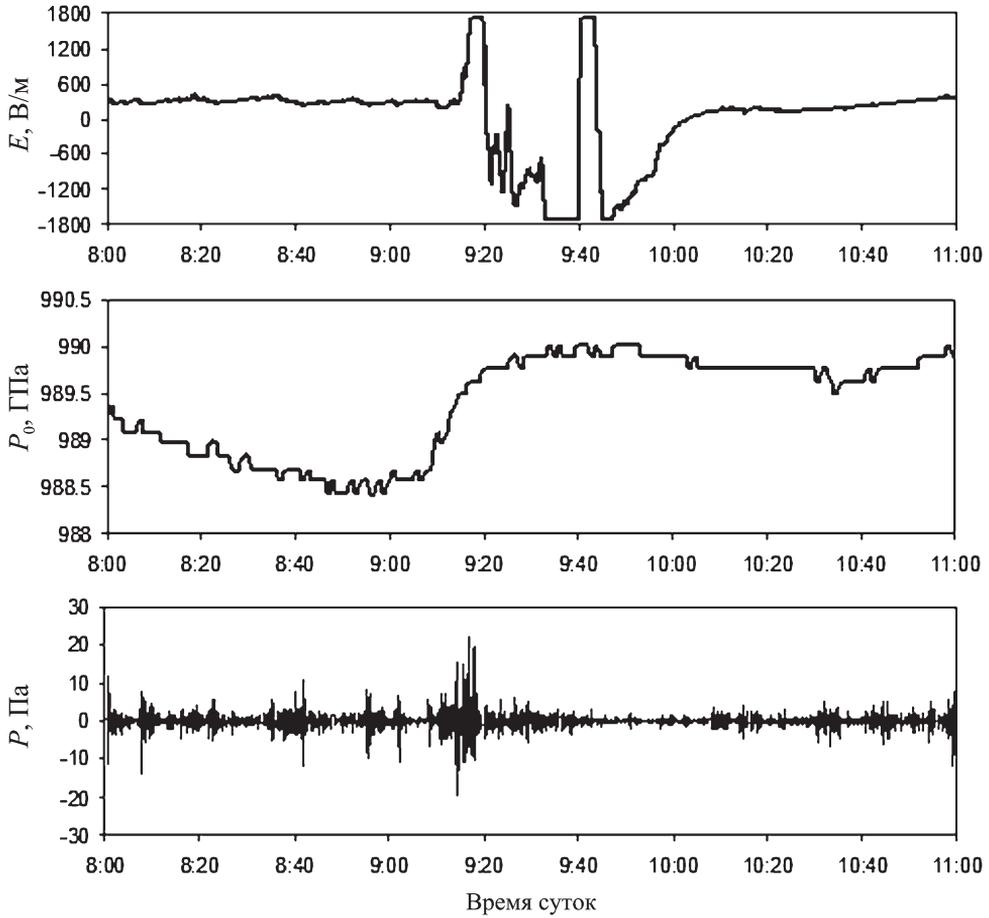
**Электрическое поле в атмосфере.** Характер суточных вариаций вертикальной компоненты электрического поля в воздухе  $E$  меняется в зависимости от состояния атмосферы и техногенных возмущений (например, вызванных запыленностью при движении транспорта). В целом суточный ход  $E$  характеризуется в большинстве случаев двумя максимумами в утренние и вечерние часы (рис. 8).

Сильные природные возмущения нарушают естественный суточный ход  $E$ . В качестве примера на рис. 9 приведены вариации  $E$  в период прохождения грозового фронта 17.06.2014 г. Видно, что в период прохождения фронта, характеризующегося резким изменением атмосферного давления и повышенной амплиту-



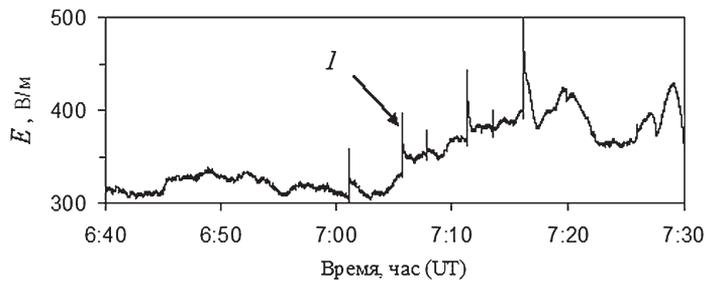
**Рис. 8.** Вариации вертикальной компоненты электрического поля в г. Москве 27.06.2014 г.

дой акустических колебаний, амплитуда вариаций напряженности электрического поля увеличивается более чем на 2 порядка. В периоды молниевой активности на записи электрического поля хорошо проявляются отдельные молниевые разряды (рис. 10).

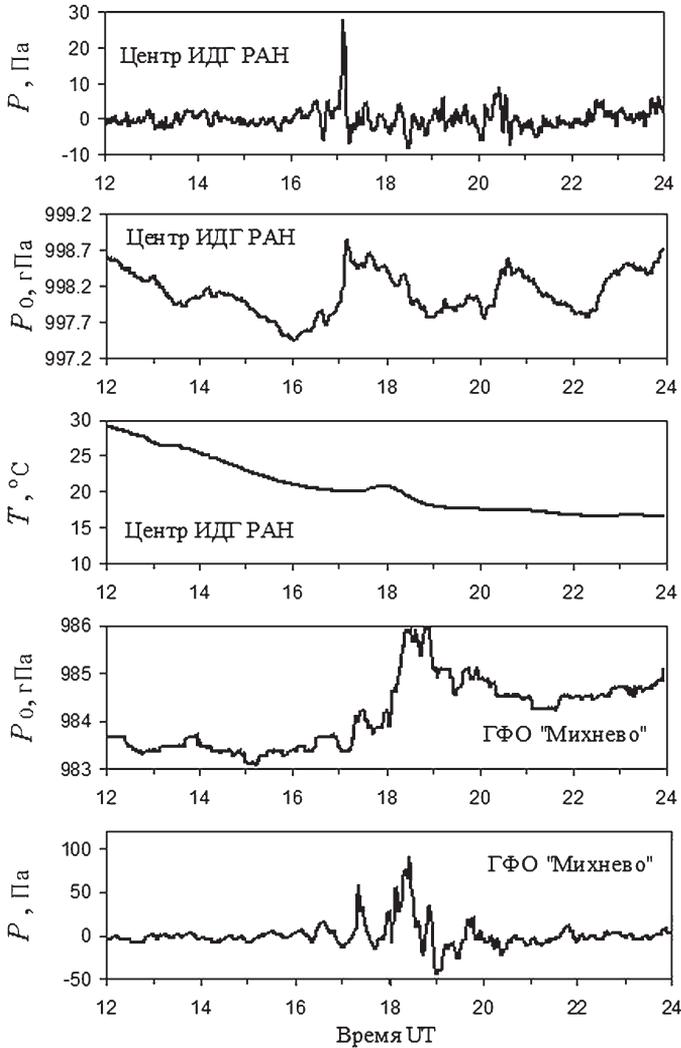


**Рис. 9.** Вариации вертикальной компоненты напряженности электрического поля в атмосфере  $E$  в период прохождения атмосферного фронта 27.05.2014 г.;  $P_0$  – атмосферное давление,  $P$  – амплитуда акустических колебаний

**Рис. 10.** Пример вариаций напряженности электрического поля в атмосфере в период молниевых разрядов 09.07.2014 г. (г. Москва).  $I$  – молниевые разряды



**Акустические колебания.** Особенности барических вариаций в акустическом диапазоне частот хорошо проявляются на всех используемых каналах регистрации. На рис. 9 приведены результаты регистрации акустических возмущений, сопутствующих прохождению атмосферного фронта. Пример регистрации акустических колебаний в более низком диапазоне частот демонстрирует рис. 11.



**Рис. 11.** Вариации амплитуды акустических колебаний  $P$  в диапазоне частот 0,001–10 Гц, атмосферного давления  $P_0$  и температуры воздуха  $T$  в условиях г. Москвы и на ГФО ИДГ РАН «Михнево» (11.08.2014 г.)

### Заключение

Технические характеристики используемых каналов позволяют регистрировать как природные, так и техногенные возмущения указанных геофизических полей в условиях мегаполиса.

В результате выполненных работ организована постоянная регистрация сейсмических и акустических колебаний, а также напряженности электрического поля в г. Москве в разных диапазонах частот.

*Работа выполнена в соответствии с Госзаданием 80.3 ФАНО «Создание в здании Института Центра геофизического мониторинга для систематических исследований негативных последствий на среду обитания и инфраструктуру Москвы природных и техногенных факторов», при поддержке Программы 8 ОНЗ РАН «Взаимодействие геосфер: геофизические поля и массоперенос».*

## Литература

*Адушкин В.В., Спивак А.А.* Мегалополис: проблема геофизических полей // Наука в России. 1995. № 5. С. 65–69.

*Адушкин В.В., Зецер Ю.И., Гаврилов Б.Г., Санина И.А., Спивак А.А.* Комплекс измерений геофизических полей и процессов взаимодействия геосфер обсерватории «Михнево» // Динамические процессы в системе внутренних и внешних взаимодействующих геосфер: сб. научн. тр. ИДГ РАН. М.: ГЕОС, 2005. С. 13–18.

Климат, погода, экология Москвы / Под ред. Ф.Я. Клинова. С.-П.: Гидрометеиздат, 1995. 437 с.

Москва: геология и город / Под ред. В.И. Осипова и О.П. Медведева. М.: Изд-во Московские учебники и картолитография. 1997. 399 с.

*Осипов В.И.* Геологические условия градостроительного развития Москвы // Геоэкология. 2006. № 2. С. 99–114.

*Соловьев С.П., Спивак А.А.* Методическое оснащение мониторинга мегалополиса // Динамические процессы в системе внутренних и внешних взаимодействующих геосфер: сб. науч. тр. ИДГ РАН М.: ГЕОС, 2005. С. 46–53.

*Спивак А.А., Локтев Д.Н., Соловьев С.П.* Мобильный комплекс синхронной регистрации геофизических полей // Динамические процессы в геосферах: сб. науч. тр. ИДГ РАН. М.: ГЕОС, 2010. С. 193–200.