

УДК 550.3; 550.4

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ МЕГАПОЛИСА

© 2016 г. А.А. Спивак, Д.Н. Локтев, Ю.С. Рыбнов, С.П. Соловьев,
В.А. Харламов

Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, Россия

Приводится описание созданного при Институте динамики геосфер РАН (ИДГ РАН) Центра геофизического мониторинга для систематических исследований негативных последствий на среду обитания и инфраструктуру г. Москва природных и техногенных факторов. Рассмотрены результаты синхронных наблюдений за сейсмическими колебаниями, электрическим и акустическим полями, а также метеопараметрами атмосферы, выполненных в Центре и в Геофизической обсерватории «Михнево» ИДГ РАН, расположенной вне зоны влияния г. Москва. Показано, что влияние мегаполиса проявляется в увеличении амплитуд физических полей, изменении их спектрального состава, нарушении естественных периодичностей. Важным фактором, характеризующим мегаполис, является наличие техногенной составляющей, которая оказывает значительное влияние на ход естественных физических процессов в приземной атмосфере.

Ключевые слова: мегаполис, инструментальные наблюдения, геофизические поля, вариация, техногенные источники.

Введение

Человек и его деятельность тесно связаны с окружающей средой – средой обитания. Постоянно испытывая на себе влияние среды, человек сам оказывает на нее воздействие, изменяя ход ее развития. Взаимодействие человека с окружающей средой является важным фактором, определяющим не только изменчивость естественных процессов, протекающих в среде, но также изменение условий существования самого человека.

Крупные города занимают особое место во взаимодействии человека с окружающей средой [Адушкин, Спивак, 1995; Москва..., 1997; Button, 2012; Геоэкологические..., 2013; Иванова, 2013]. Рост городов как концентраторов населения и всевозможной деятельности человека привело к значительному увеличению техногенной нагрузки на среду обитания. Города, особенно крупные (мегаполисы), оказывают сильное влияние не только на изменение естественного ландшафта и, как следствие, на гидрогеологический режим подземных вод и водоемов, режим подземных газов, включая весьма опасные для организма человека эманации природного радона, они также повышают за-

грязненность окружающей среды пылью и химическими отходами производственной и жизненной деятельности [Осипов, 2006; Шулейкин, 2014]. Негативное влияние мегаполиса на среду обитания, связанное с повышенными вибрациями грунта в результате работы транспорта, теплоцентралей и т.д. [Коридалин и др., 1985; Сейсмологические..., 2012; Grimalsky et al., 2002; Riahi, Gerstoft, 2011], акустическим воздействием на человека [Назаров, Ахметзянов, 2005; Pathak et al., 2008; Ахметзянов и др., 2011; Колесник и др., 2013], дополняются еще одним фактором, о котором до недавнего времени знали мало. Речь идет о физических полях (в первую очередь электрическом и магнитном), которые наводятся в результате техногенной деятельности и весьма отрицательно влияют на биологические объекты, особенно на человека [Колесник, 1998; Птицина и др., 1998; Алексеева и др., 1999; Бинги, Савин, 2003; Jamieson et al., 2007; Колесник и др., 2009; Уткин и др., 2010; Рапопорт, Бреус, 2011; Тужилкин и др., 2011; Семенов, 2012; Le-Qing, Dickman, 2012; Зенченко и др., 2013; Hofman et al., 2014]. При этом важно отметить, что даже небольшие отклонения физических полей от естественных фоновых значений являются не только стрессорами для биологических систем, но, что особенно важно, могут существенно сказаться на здоровье человека, включая изменение его поведенческих функций и психоэмоционального состояния [Бурлакова, 1994; Беляев и др., 2003; Леднев, 2003; Экология..., 2008; Мартынюк и др., 2012]. И здесь следует отметить, что влияние на человека слабых электромагнитных полей, связанных с развитием индивидуальных средств связи, изучено еще не в полной мере.

Настоящие исследования нацелены на проведение постоянного геофизического мониторинга среды обитания в г. Москва, установление источников физических полей, в частности техногенного происхождения, а также их пространственных и временных вариаций, определение негативного влияния природных и техногенных факторов на среду обитания и инфраструктуру мегаполиса.

Центр геофизического мониторинга г. Москва ИДГ РАН

Основные направления деятельности Центра геофизического мониторинга г. Москва ИДГ РАН (далее – Центр) представлены на рис. 1 [Спивак и др., 2014]. Состав измерительных средств определяется основными особенностями вариаций геофизических полей: сейсмического, электрического, акустического, а также концентраций радона в атмосфере. Дополнительно с целью оценки влияния на геофизические поля осуществляется контроль метеорологических условий.

Регистрация сейсмических колебаний обеспечивается сейсмоприемниками СМ-3КВ (диапазон частот – 0.5–40 Гц) и STS-2 (диапазон частот – 0.0083–50 Гц) в режиме велосиметра, размещенными на постаменте в подвальном помещении ИДГ РАН.

Электрическое поле в атмосфере (вертикальная компонента) регистрируется в любую погоду с помощью флюксметра ИНЭП, размещенного на специальной установочной площадке, оборудованной на крыше ИДГ РАН (рис. 2). Прибор позволяет измерять напряженность электрического поля в частотном диапазоне 0–20 Гц амплитудой от 1 В/м до 6 кВ/м.

Для измерения 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 с усилителем 2690А-OS2 фирмы «Брюль и Кьер» (полоса регистрируемых частот – 0.05–100 Гц, динамический диапазон – 0.01–50 Па).

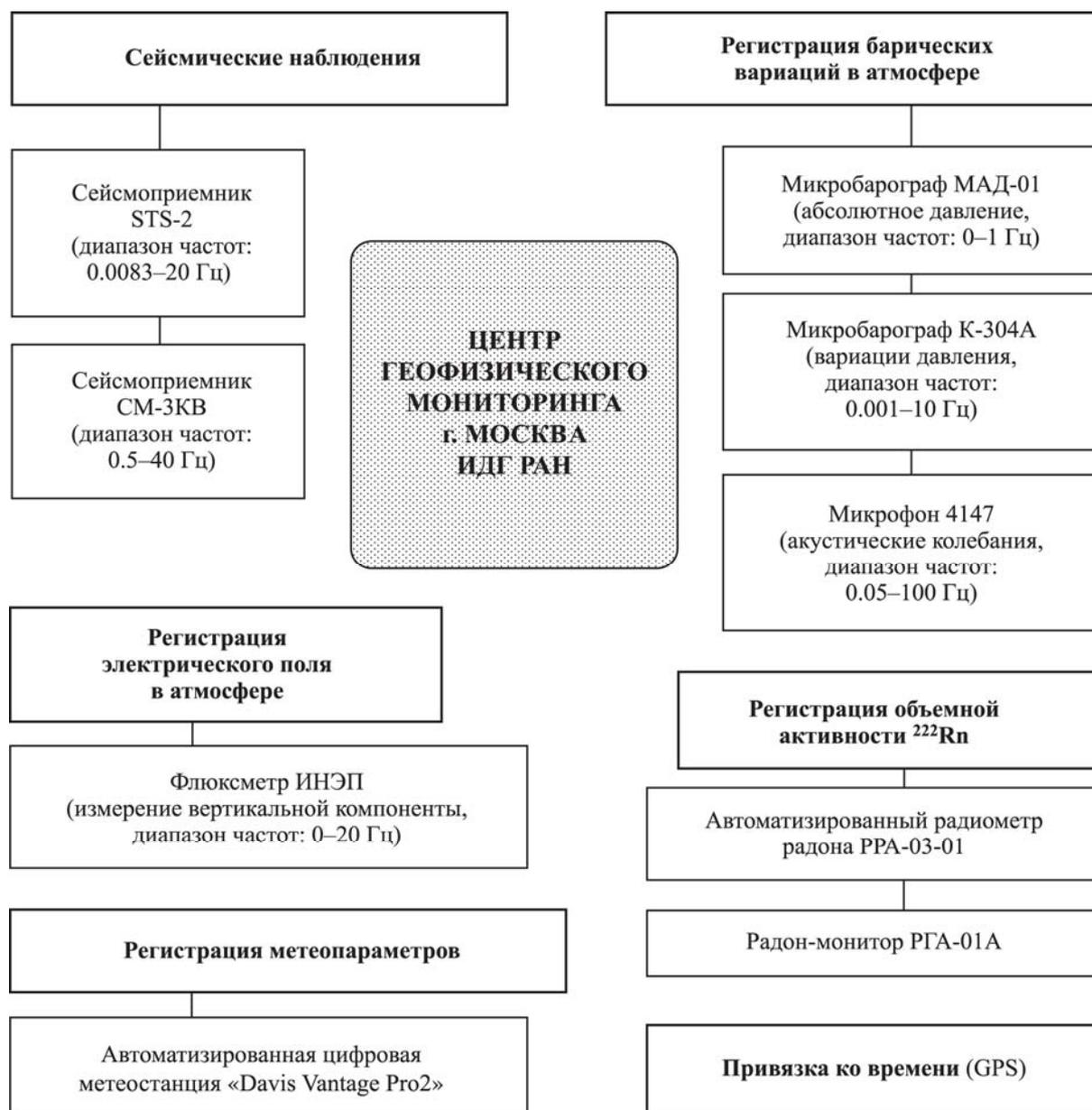


Рис. 1. Основные направления деятельности Центра геофизического мониторинга г. Москва ИДГ РАН

Метеорологические параметры атмосферы определяются с использованием цифровой автоматической метеостанции «Davis Vantage Pro2». Измеряются атмосферное давление, температура и влажность воздуха, количество выпавших осадков, интенсивность солнечного излучения (освещенность в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах), скорость и направление ветра и другие параметры.

Объемная активность радона в воздухе определяется с использованием автоматизированного радиометра радона PPA-03-01 и радон-монитора PGA-01A, обеспечивающих регистрацию данных в диапазоне $10-10^5$ Бк/м³.

Система сбора данных включает комплекс, состоящий из программируемого регистратора RefTek-130-01, ноутбука и регистраторов Zet-048E. Получаемые данные размещаются на сайте ИДГ РАН в Интернете: www.idg-comp.chph.ras.ru/~idg/data/. С целью



Рис. 2. Расположение флюксметра ИНЭП на установочной площадке

определения влияния мегаполиса на геофизические поля получаемые в Центре данные сравнивались с результатами регистрации, выполняемыми в Геофизической обсерватории «Михнево» ИДГ РАН (ГФО МНУ; 54.959° с.ш., 37.766° в.д.), расположенной в 85 км к югу от г. Москва.

Сейсмический фон г. Москва

Результаты сопоставительного анализа сейсмических записей свидетельствуют о наличии существенных отличий между сейсмическим фоном г. Москва и таковым вне зоны влияния города. В отличие от территории, на которой расположена Геофизическая обсерватория «Михнево» (ГФО МНУ), где сейсмический фон хорошо структурирован во времени и лишь изредка наблюдаются нарушения естественных периодичностей, в условиях мегаполиса сейсмический фон характеризуется сложной структурой и не менее сложными временными вариациями. Среднеквадратическая амплитуда микросейсмических колебаний в г. Москва в диапазоне частот 0.5–40 Гц может достигать в отдельные периоды 12–15 мкм/с, в то время как вне зоны влияния мегаполиса (ГФО МНУ) она не превышает 0.1 мкм/с. Также наблюдаются существенные отличия в спектральных характеристиках сейсмического фона (рис. 3).

Как видно из данных, приведенных на рис. 3, амплитуды сейсмического фона в условиях мегаполиса и ГФО МНУ примерно совпадают в частотном диапазоне 0.1–1 Гц. По мере увеличения частоты наблюдается расхождение в спектральных амплитудах, которое в диапазоне частот 3–10 Гц достигает ~30 дБ при превышении амплитуды фона в г. Москва, а в диапазоне частот 60–100 Гц это отличие достигает ~50 дБ.

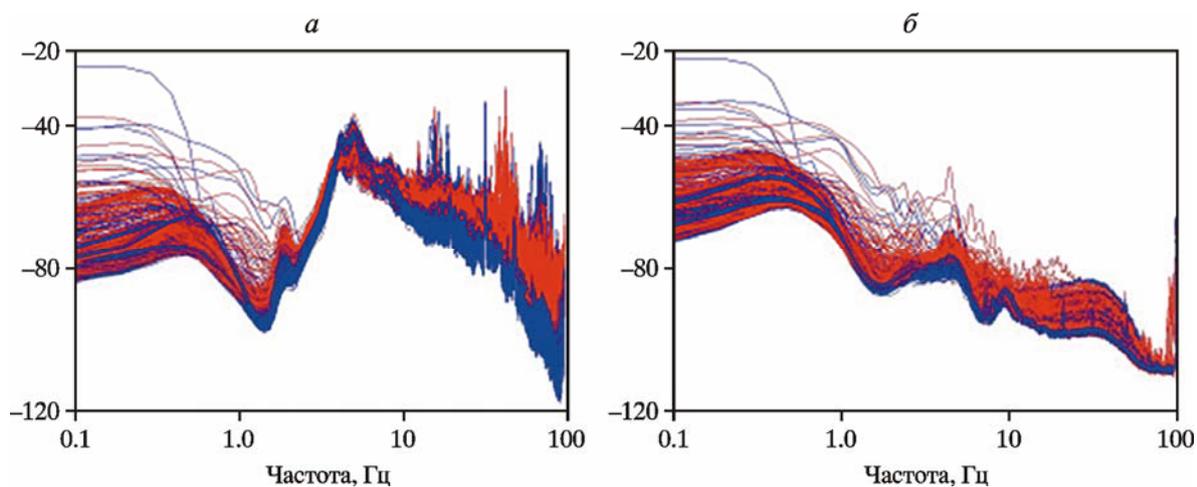


Рис. 3. Спектральная плотность мощности сейсмического фона в г. Москва (а) и на территории ГФО «Михнево» ИДГ РАН (б) за июль 2014 г.

Значительные отличия наблюдаются в периодичностях, характерных для сейсмического фона в г. Москва и на территории ГФО МНУ. Вид представленных на рис. 4 вейвлет-скалограмм свидетельствует о том, что суточные и полусуточные периодичности в вариациях амплитуды сейсмического фона в г. Москва проявляются гораздо слабее по сравнению с территорией ГФО МНУ. Можно предполагать, что причиной этого является наложение на них высокочастотной техногенной составляющей фона. Более детальный анализ данных, выполненный на основе вейвлет-анализа, подтверждает скрытый характер суточных и полусуточных периодичностей. В качестве примера на рис. 5 приведена вейвлет-скалограмма вариаций амплитуды вертикальной компоненты сейсмического фона в г. Москва, которая демонстрирует наличие указанных периодичностей.

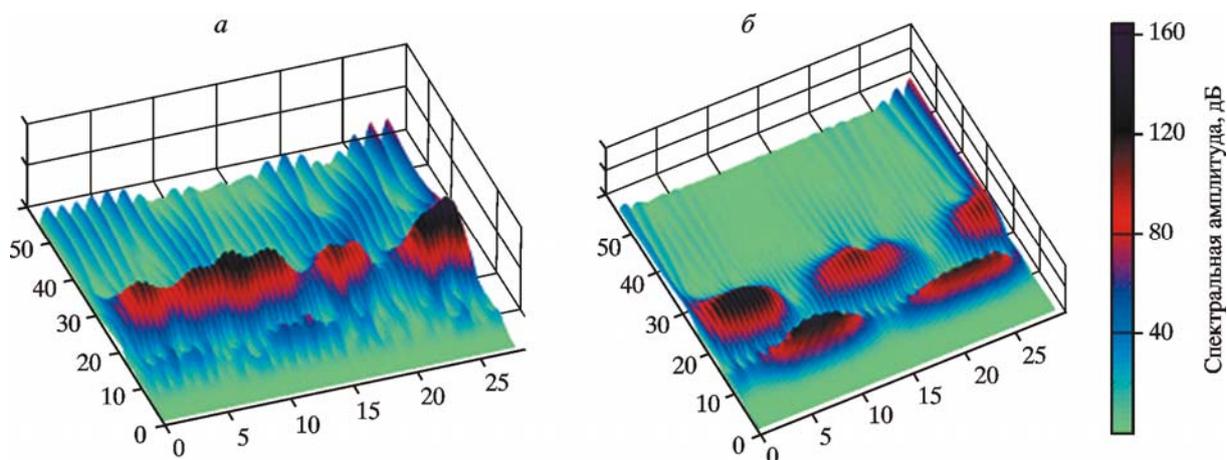


Рис. 4. Вейвлет-скалограммы вариаций амплитуды сейсмического фона в г. Москва (а) и на территории ГФО МНУ (б) за сентябрь–октябрь 2014 г.

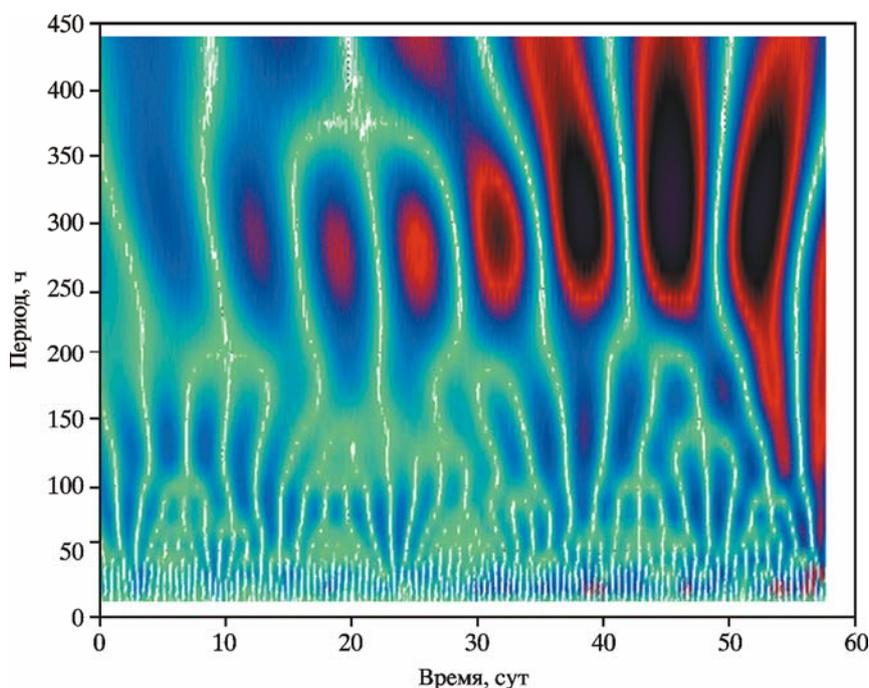


Рис. 5. Скалограмма вариаций амплитуды сейсмического фона в г. Москва за сентябрь–октябрь 2014 г. (вертикальная компонента)

Электрическое поле

Напряженность электрического поля является одним из наиболее важных параметров, характеризующих не только интенсивность прямого воздействия на управляющие связи и сигналы в организме человека, но также степень загрязненности городского воздуха атмосферными частицами (пыль) и аэрозолями [Адушкин и др., 1995]. Результаты наблюдений, выполненных в Центре ИДГ РАН, свидетельствуют о том, что характеристики электрического поля в г. Москва и вне зоны ее влияния характеризуются сезонной изменчивостью. Так, например, в летний период среднесуточные значения вертикальной компоненты напряженности электрического поля (E) в дни, характеризующиеся хорошими погодными условиями (отсутствие плотной облачности, осадков, резких порывов ветра и т.д.), изменяются в диапазоне 150–650 В/м (рис. 6). В зимний период значения E при тех же погодных условиях не превышают 150 В/м.

Следует отметить, что при сходных хороших погодных условиях суточные вариации напряженности электрического поля в г. Москва и вне зоны влияния мегаполиса близки между собой при сопоставимых абсолютных значениях (рис. 7). В целом же в связи с различием метеорологических условий удаленных друг от друга территорий и наличием в мегаполисе техногенных источников разной природы, определяющих повышенную температуру воздуха, повышенное атмосферное давление и формирующих концентрированные воздушные потоки, суточный ход и амплитуда электрического поля в условиях мегаполиса и вне зоны его влияния могут существенно отличаться (рис. 8). При этом следует отметить, что в зависимости от того, в какую сторону отличаются метеорологические условия (влажность, уровень запыленности воздуха и т.д.), величина электрического поля в г. Москва может быть выше или ниже таковых значений на территории ГФО МНУ.

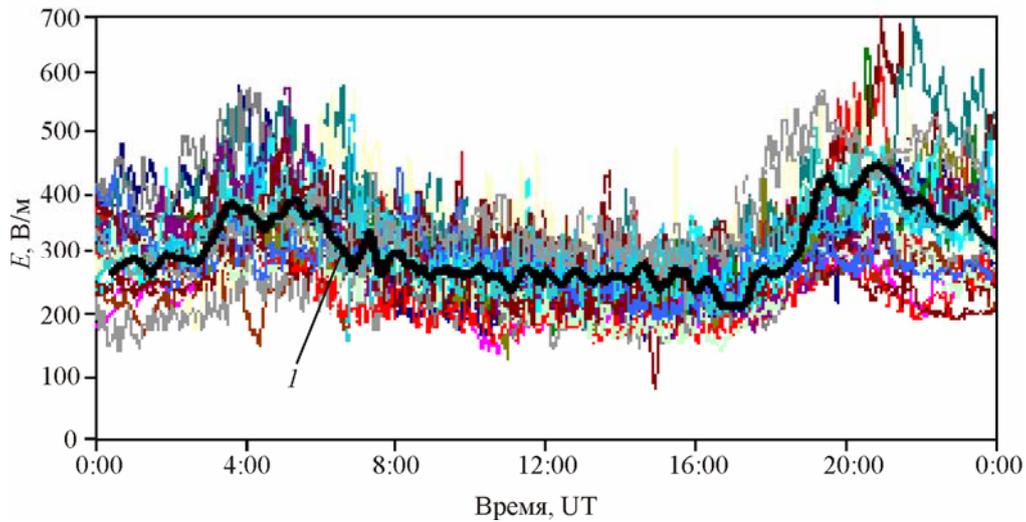


Рис. 6. Суточный ход вертикальной компоненты напряженности электрического поля в дни с хорошей погодой в г. Москва за период 24.05–30.09.2014 г.

I – средние значения

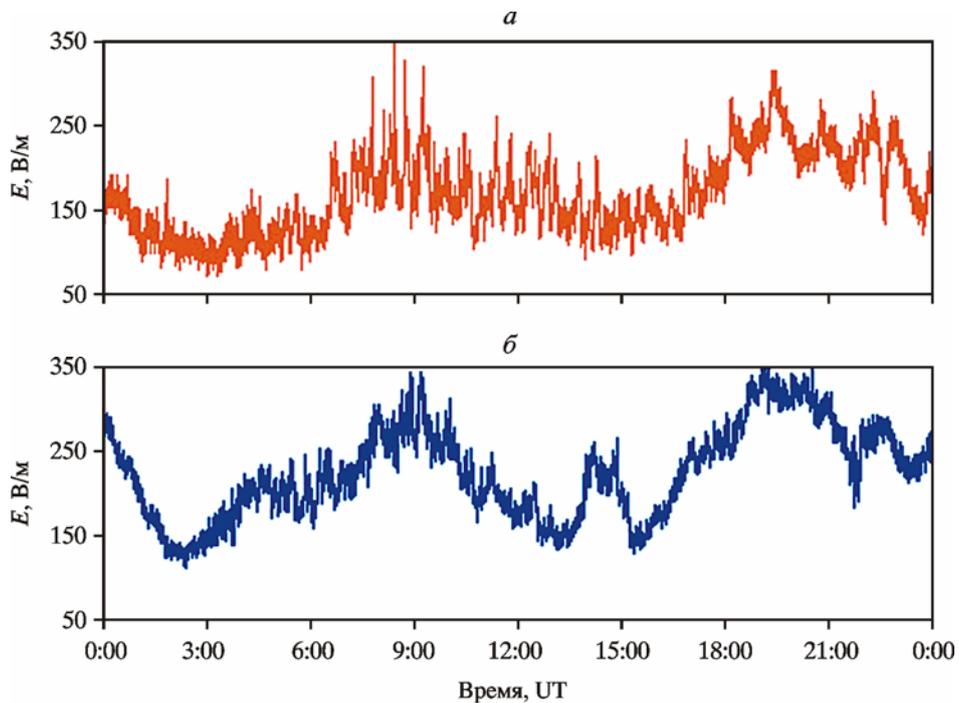


Рис. 7. Суточный ход напряженности вертикальной компоненты электрического поля 10.05.2015 г. в г. Москва (*а*) и на территории ГФО МНУ (*б*) в условиях хорошей погоды

Величина возмущенной составляющей электрического поля в г. Москва в летний период при прохождении холодных атмосферных фронтов с грозвыми проявлениями или формированием плотной низкой облачности может достигать 6–8 кВ/м, в зимний период эта величина не превышает 500–800 В/м. Пример вариаций E в период прохождения холодного атмосферного фронта над г. Москва приведен на рис. 9. Наряду с длительными по времени возмущениями отмечаются относительно короткие вариации E , вызванные прохождением отдельных облаков или техногенными источниками (рис. 10).

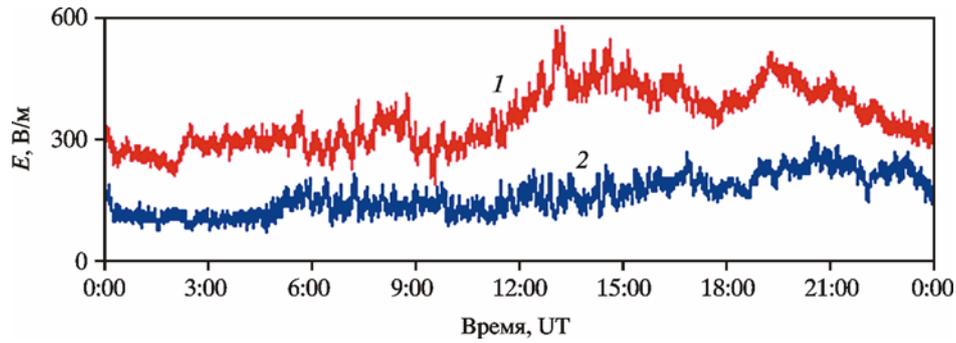


Рис. 8. Пример сопоставления суточного хода напряженности электрического поля (вертикальная компонента) в г. Москва (1) и на территории ГФО МНУ (2)

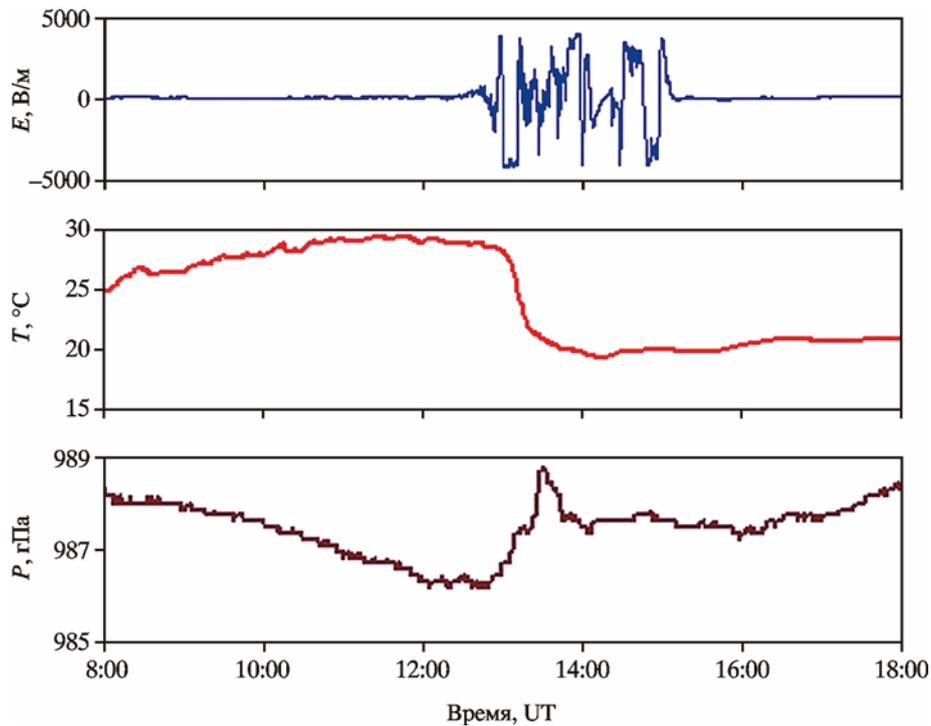


Рис. 9. Пример длительных интенсивных вариаций электрического поля (E) в г. Москва в период прохождения атмосферного фронта 15.06.2015 г.

T и P – соответственно вариации температуры воздуха и атмосферного давления

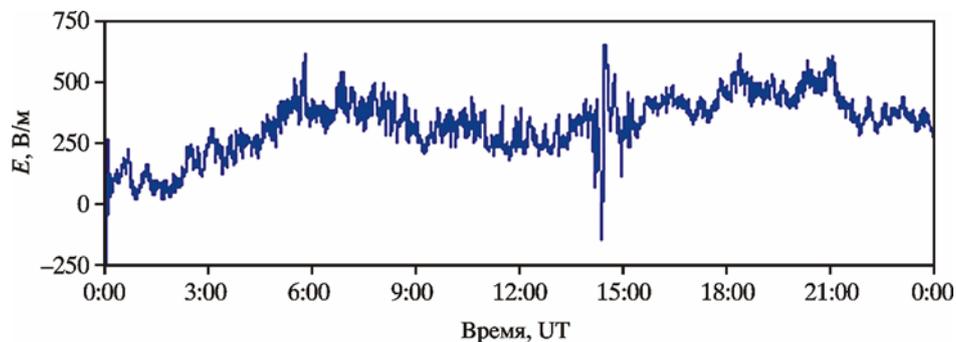


Рис. 10. Пример вариаций электрического поля импульсного типа 11.06.2014 г. в г. Москва

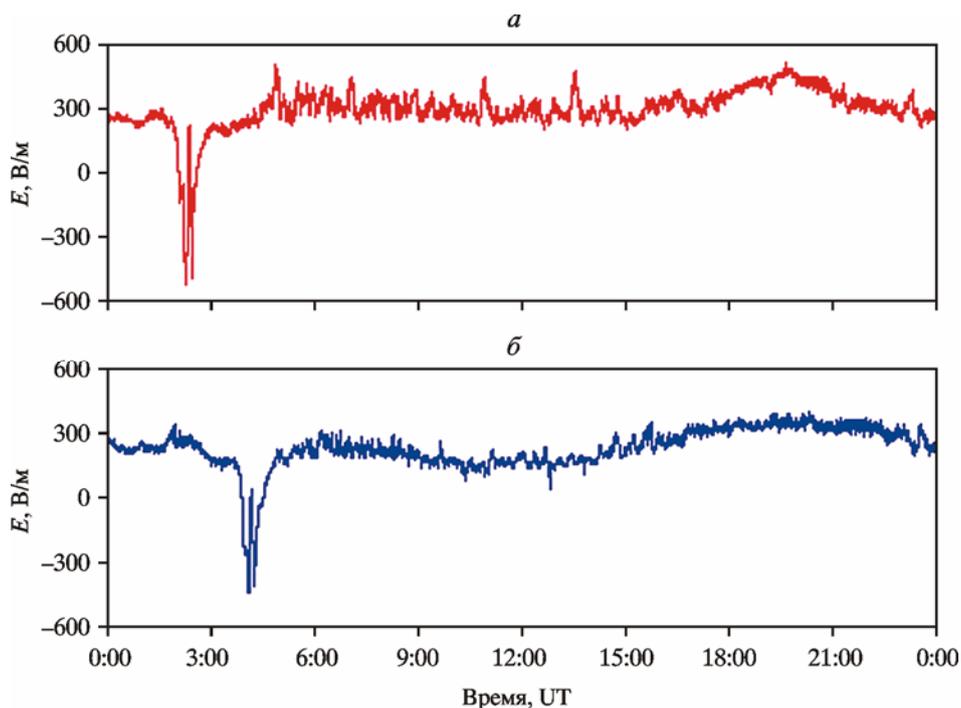


Рис. 11. Пример вариаций вертикальной компоненты напряженности электрического поля в г. Москва (*а*) и на территории ГФО МНУ (*б*) в период прохождения холодного атмосферного фронта 16.06.2014 г., сопровождавшегося мощными осадками в виде дождя

При атмосферных осадках вариации электрического поля на графике имеют бухтообразный вид. В случае прохождения мощного холодного фронта с осадками, неослабевающего в течение продолжительного времени, можно наблюдать сходные вариации напряженности электрического поля в г. Москва и на территории ГФО МНУ. Пример таких вариаций представлен на рис. 11. Мощный холодный атмосферный фронт с непрекращающимися в течение нескольких часов осадками в виде дождя распространялся в направлении с северо-востока на юго-запад, захватывая своими крыльями сначала г. Москва, затем территорию ГФО МНУ. Видно, что при сходной интенсивности осадков морфология вариаций E в г. Москва и с некоторой задержкой (~ 1.5 ч) на территории ГФО МНУ практически одинакова. Это позволяет оценить скорость продвижения холодного фронта, которая в нашем случае составила около 50 км/ч.

Акустические колебания

Основные вариации поля акустических колебаний проявляются, как правило, в дневное время. Их амплитуда в зависимости от параметров ветра достигает 5–10 Па. В периоды сильных возмущений атмосферы (холодные атмосферные фронты) амплитуда низкочастотных акустических колебаний (диапазон частот 0.001–10 Гц) увеличивается до 20–30 Па в зависимости от мощности атмосферного фронта (рис. 12), а при сильных грозовых явлениях может достигать в отдельных случаях значений 100–120 Па.

В периоды прохождения холодных атмосферных фронтов также наблюдаются вариации высокочастотной составляющей акустических колебаний в атмосфере (диапазон частот до 100 Гц). Пример таких вариаций представлен на рис. 13. Видно, что прохождение двух холодных фронтов, сопровождающееся в каждом случае резким изменением температуры (T) и давления (P) воздуха, повышением влажности воздуха (W), бухтообразным уменьшением солнечной радиации (S) и увеличением скорости ветра (V), вызывает увеличение амплитуды высокочастотных акустических колебаний.

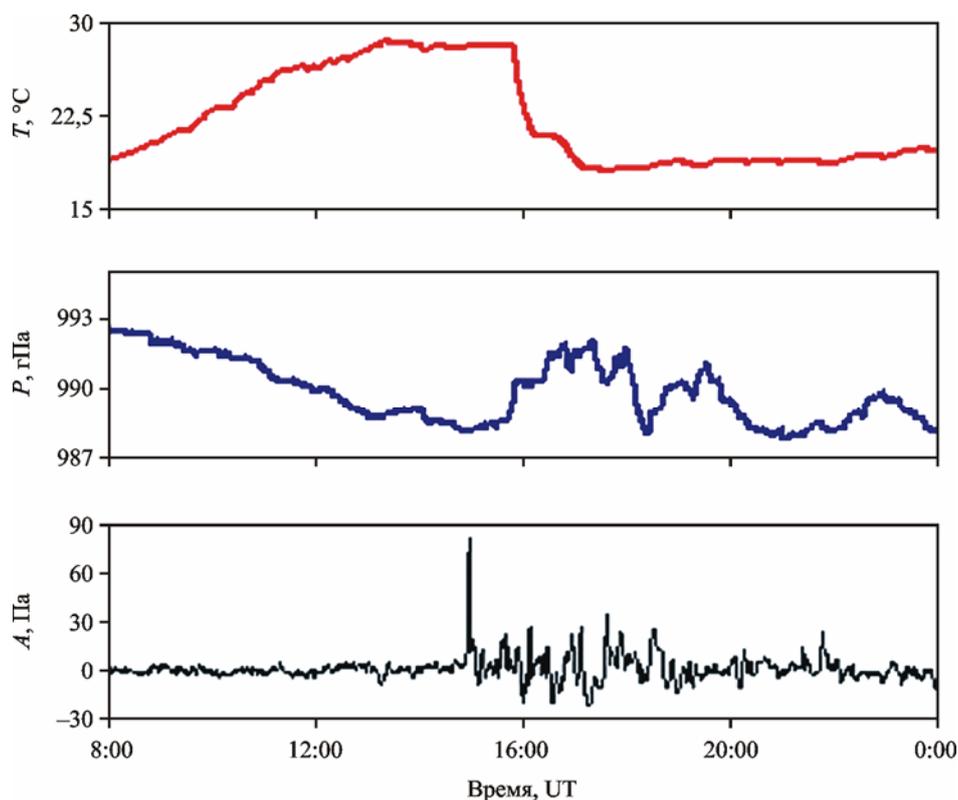


Рис. 12. Пример вариаций амплитуды акустических колебаний в атмосфере (A) в период прохождения холодного атмосферного фронта, сопровождающегося резким падением температуры воздуха (T) и увеличением атмосферного давления (P) (регистрация в диапазоне частот 0.001–10 Гц с помощью микробарографа К-304)

Возмущения техногенной природы

Отличительной особенностью мегаполиса является наличие мощных возмущений геофизических полей от техногенных источников. В частности, регистрируются заметные возмущения акустического и электрического полей при крупных пожарах, особенно в тех случаях, когда они сопровождаются обрушением сооружений или конструкций. Пример таких изменений приведен на рис. 14 (пожар 4-го рангового номера класса опасности на Тушинском машиностроительном заводе 10.12.2015 г., площадь возгорания – около 15 тыс. м², площадь обрушения – 10³ м²). Приведенные на рис. 14 данные свидетельствуют о том, что образование нагретой области в очаге пожара, которую следует рассматривать как сильную неоднородность приземного слоя атмосферы с изменяющимися геометрическими и термодинамическими характеристиками, обрушение конструктивных элементов здания и взрывы емкостей со складированными в них химическими веществами, вызвали не только заметные акустические колебания, но также вариацию электрического поля (E) в атмосфере. Интересно также отметить, что сопровождающие пожар локальные тепловые и механические эффекты вызвали дополнительные движения воздушных масс [Красовский и др., 1978; Гостинцев и др., 1985], что привело к увеличению скорости ветра (V) в месте регистрации примерно с 2 до 3.5 м/с. Оценки, выполненные с учетом расстояния до места пожара (~ 16.5 км) и зарегистрированных амплитуд вариаций электрического поля (~ 190 В/м) и акустических колебаний (~ 80 Па), показывают, что наведенные вариации E в очаге пожара могли превышать 10³ В/м, а амплитуда вызванных акустических колебаний достигать 400–500 Па.

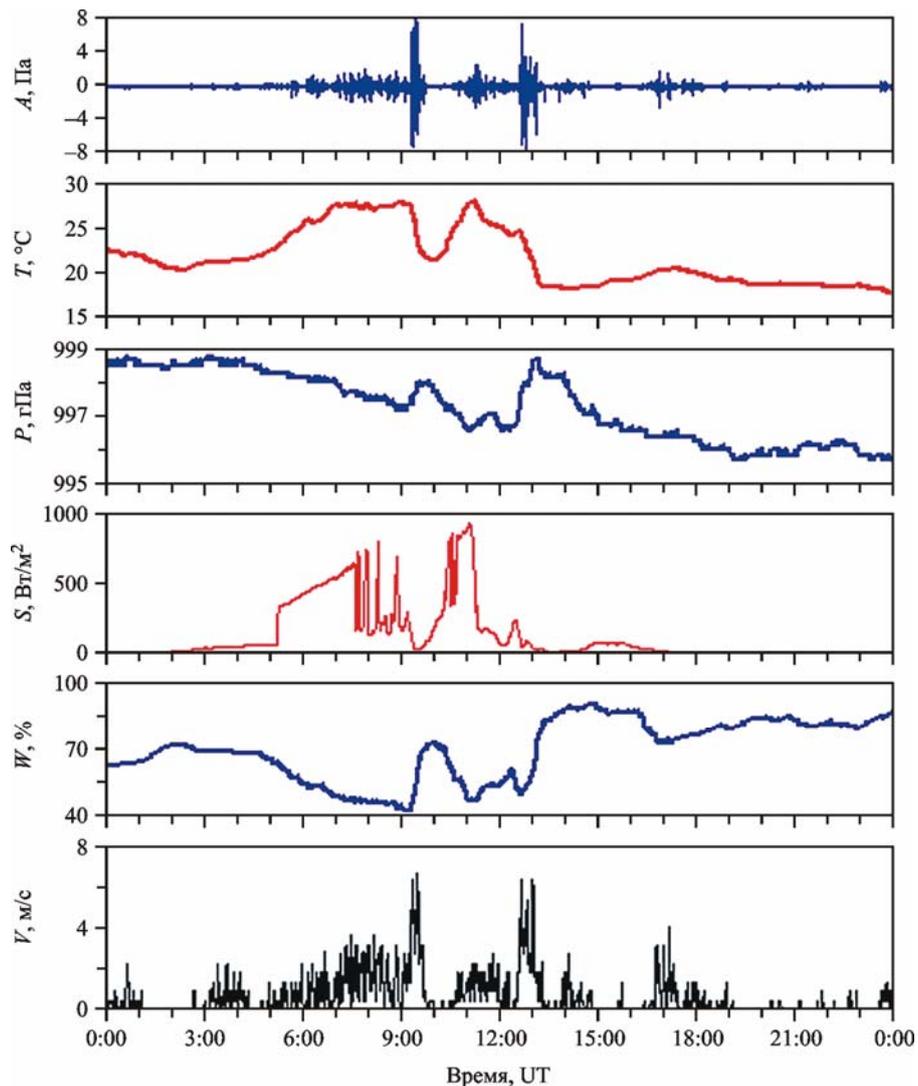


Рис. 13. Пример синхронных вариаций параметров атмосферы (температуры воздуха и атмосферного давления (T и P), мощности солнечной радиации (S), влажности воздуха (W), скорости ветра (V) и амплитуды акустических колебаний (A)) в г. Москва 07.08.2014 г. (регистрация в диапазоне частот 0.05–100 Гц с помощью микрофона 4147)

В качестве другого, хотя и непродолжительного по времени, но достаточно мощного источника возмущения геофизических полей в условиях мегаполиса следует рассматривать праздничные салюты. Вызываемые салютами сейсмические колебания, а главное, акустические возмущения, могут существенно сказаться на работе высокоточного оборудования и измерительной техники. В качестве примера на рис. 15 приведены результаты регистрации акустических колебаний и сейсмического фона в г. Москва во время праздничного салюта 23.02.2015 г.

Заключение

Создание Центра геофизического мониторинга в г. Москва можно рассматривать как важный этап в организации постоянных инструментальных наблюдений за состоянием среды обитания в условиях постоянно действующих техногенных возмущений. Синхронный мониторинг геофизических полей на территории г. Москва и на значительном

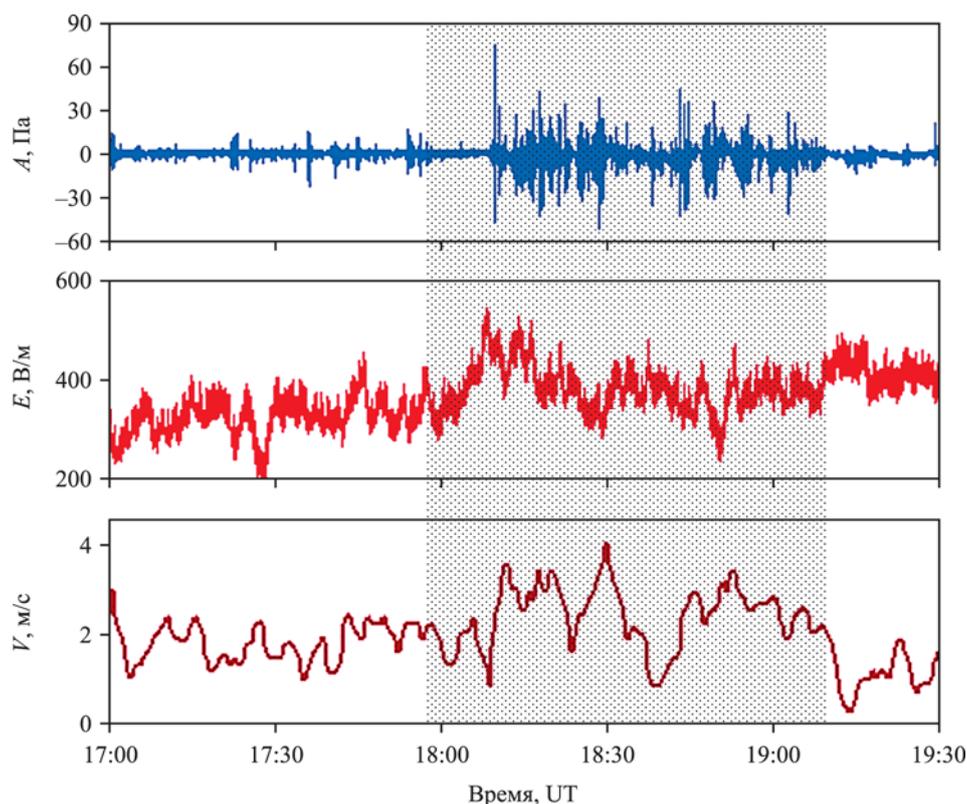


Рис. 14. Зарегистрированные в Центре вариации акустических колебаний в атмосфере (A), напряженности электрического поля (E) (вертикальная компонента) и скорости ветра (V), вызванные пожаром на Тушинском машиностроительном заводе 10.12.2015 г. в г. Москва (фоном выделена активная стадия пожара)

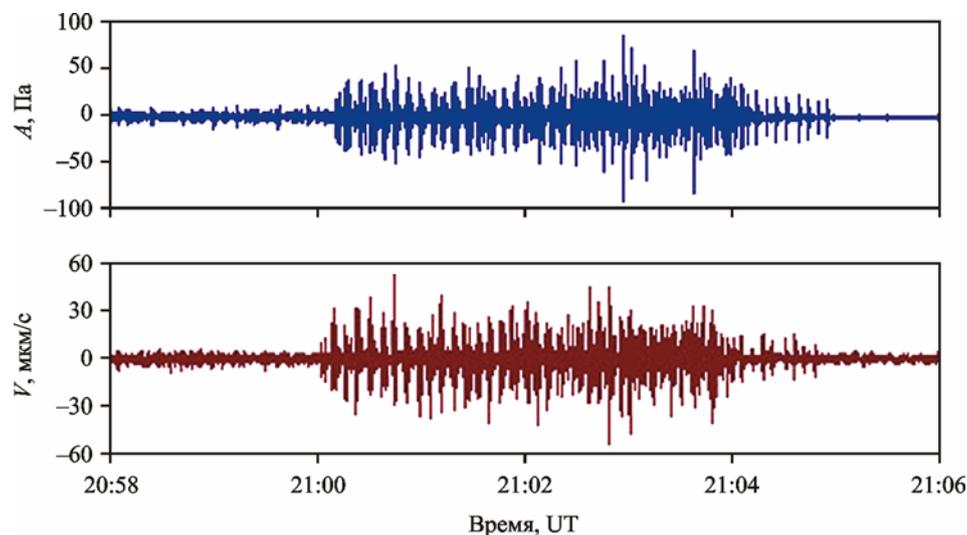


Рис. 15. Вариации акустических колебаний в атмосфере (A) на расстоянии ~ 3 км от источника и амплитуды сейсмического фона (V) (вертикальная компонента), вызванные проведением праздничного салюта 23.02.2015 г. в г. Москва

удалении от зоны ее влияния позволяет не только устанавливать особенности геофизических полей мегаполиса, что представляет интерес с биологической точки зрения, но также разделять глобальные и локальные возмущения полей. Особый интерес вызывает установление конкретных техногенных источников воздействия на среду обитания, а также их основных характеристик в условиях крупной городской конгломерации.

Представленные в настоящей статье результаты инструментальных наблюдений свидетельствуют о значительном влиянии крупной городской структуры на геофизические поля. При этом следует отметить, что наличие техногенных источников непрерывного и кратковременного действия может вызывать существенное увеличение амплитуды геофизических полей, изменение их спектральных характеристик, а также нарушать естественные, задаваемые природой периодичности.

Дальнейшее развитие организованного в ИДГ РАН Центра связано с повышением его возможностей в части расширения частотных диапазонов каналов регистрации, увеличением перечня используемых методик и, главное, что представляет на сегодняшний день наиболее важную задачу, организацией постоянной оперативной обработки получаемых данных, их анализа с использованием современных подходов и методов.

Благодарности

Исследования выполнены в рамках государственного задания Федерального агентства научных организаций «Создание в здании Института Центра геофизического мониторинга для систематических исследований негативных последствий на среду обитания и инфраструктуру г. Москва природных и техногенных факторов» (проект № 0146-2014-0015).

Литература

- Адушкин В.В., Спивак А.А.* Мегаполис: проблема геофизических полей // Наука в России. 1995. № 5. С. 65–69.
- Адушкин В.В., Соловьев С.П., Будников В.А.* Литосферные источники аэрозольного загрязнения атмосферы // Геология и геофизика. 1995. Т. 36, № 8. С. 103–110.
- Адушкин В.В., Спивак А.А., Овчинников В.М., Соловьев С.П., Спунгин В.Г.* Геоэкологический контроль за геофизическими полями мегаполиса // Геоэкология. 1995. № 2. С. 44–56.
- Алексеева Н.Т., Федоров В.П., Байбаков С.Е.* Реакция нейронов различных отделов ЦНС на воздействие электромагнитного поля // Электромагнитное поле и здоровье человека: Материалы 2-й Междунар. конф. «Проблемы электромагнитной безопасности человека. Фундаментальные и прикладные исследования», г. Москва, 20–24 сентября 1999 г. М., 1999. С. 47–48.
- Ахметзянов И.М., Зинкин В.Н., Петреев И.В., Драган С.П.* Гигиеническая оценка сочетанного воздействия шума и инфразвука на организм военнослужащих // Воен.-мед. журн. 2011. Т. 332, № 11. С. 44–50.
- Беляев Г.Г., Чмырев В.М., Клейменова Н.Г., Козырева О.В.* Электромагнитный ультранизкочастотный фон мегаполиса (г. Москва) // Геомагнетизм и аэрномия. 2003. Т. 43, № 5. С. 697–701.
- Бинги В.Н., Савин А.В.* Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы // Успехи физ. наук. 2003. Т. 173, № 3. С. 265–300.
- Бурлакова Е.Б.* Эффект слабых доз // Вестн. РАН. 1994. Т. 64, № 5. С. 425–431.
- Геоэкологические проблемы Новой Москвы / Отв. ред. А.В. Кошкарёв, Э.А. Лихачева, А.А. Тишков. М.: Медиа-ПРЕСС, 2013. 120 с.
- Гостинцев Ю.А., Иванов Е.А., Копылов Н.И., Шацких Ю.В.* Волновые возмущения атмосферы при больших пожарах // Физика горения и взрыва. 1985. Т. 19, № 4. С. 62–64.

- Зенченко Т.А., Медведева А.А., Хорсева Н.И., Бреус Т.К. Синхронизация показателей сердечного ритма человека и вариаций геомагнитного поля в диапазоне частот 0.5–3.0 мГц // Геофизические исследования и биосфера. 2013. Т. 12, № 4. С. 73–83.
- Иванова Т.Е. Качество жизни и безопасность городской среды // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. 2013. № 1–2. С. 135–149.
- Колесник А.Г. Электромагнитный фон и его роль в проблеме охраны окружающей среды и экологии человека // Изв. вузов. Физика. 1998. № 8. С. 102–112.
- Колесник А.Г., Колесник С.А., Побаченко С.В. Электромагнитная экология. Томск: ТМЛ-Пресс, 2009. 336 с.
- Колесник А.Г., Побаченко С.В., Соловьев А.В. Оценка сопряженности показателей ЭКГ мозга человека с параметрами фоновых инфразвуковых колебаний давления по данным мониторинговых исследований // Геофизические исследования и биосфера. 2013. Т. 12, № 1. С. 70–81.
- Коридалин В.Е., Кузьмина Н.В., Осика В.И., Попов Е.И., Токмаков В.А. Сейсмические шумы индустриального города // Докл. АН СССР. 1985. Т. 280, № 5. С. 1094–1097.
- Красовский В.И., Потапов Б.П., Семенов А.И. и др. Внутренние гравитационные волны вблизи мезопаузы: Результаты исследований гидроксильного излучения // Полярные сияния и свечение ночного неба. 1978. № 26. С. 5–27.
- Леднев В.В. Биологические эффекты крайне слабых переменных магнитных полей: идентификация первичных мишеней // Моделирование геофизических процессов. М.: ОИФЗ РАН, 2003. 130–136 с.
- Мартынюк В.С., Цейслер Ю.В., Темурьянц Н.А. Интерференция механизмов влияния слабых электромагнитных полей крайне низких частот на организм человека и животных // Геофизические исследования и биосфера. 2012. Т. 11, № 2. С. 16–40.
- Москва: геология и город / Под ред. В.И. Осипова, О.П. Медведева. М.: Московские учебники и картолитология, 1997. 399 с.
- Назаров Д.В., Ахметзянов В.Р. Медико-психологическое воздействие инфразвука на организм человека // Вестн. РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. 2005. № 1. С. 123–126.
- Осипов В.И. Геологические условия градостроительного развития Москвы // Геоэкология. 2006. № 2. С. 99–114.
- Птицина Н.Г., Виллорези Дж., Дорман Л.И., Ючки Н., Тясто М.И. Естественные и техногенные низкочастотные магнитные поля как факторы, потенциально опасные для здоровья // Успехи физических наук. 1998. Т. 168, № 7. С. 767–791.
- Рапопорт С.И., Бреус Т.К. Мелатонин как один из важнейших факторов воздействия слабых естественных электромагнитных полей на больных гипертонической болезнью и ишемической болезнью сердца. Ч. 1 // Клиническая медицина. 2011. Т. 89, № 3. С. 9–14.
- Сейсмологические наблюдения на территории Москвы и Московской области. Обнинск: ГС РАН, 2012. 176 с.
- Семенов А.В. Обоснование предельно допустимых норм на индукцию магнитных полей промышленной частоты на человека // Изв. Том. политех. ун-та. 2012. Т. 321, № 1. С. 197–200.
- Спивак А.А., Адушкин В.В., Волосов Д.Н., Локтев Д.Н., Иванченко Г.Н., Кишкина С.Б., Королев С.А., Крашенинников А.В., Локтев Д.Н., Рыбнов Ю.С., Соловьев С.П., Харламов В.А. Организация и первые результаты наблюдений за физическими полями г. Москвы // Динамические процессы в геосферах. М.: ГЕОС, 2014. Вып. 6. С. 106–115.

- Тужилкин Д.А., Апряткина М.Л., Бородин А.С. Влияние вариаций физических полей окружающей среды на функционирование сердечно-сосудистой системы человека // Физика окружающей среды. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2011. С. 285–288.
- Уткин В.И., Тягунов Д.С., Сокол-Кутыловский О.Л., Сенина Т.Е. Загрязнение окружающей среды в связи с воздействием электромагнитного поля на частотах 0.05–20 Гц // Геоэкология. 2010. № 4. С. 327–335.
- Шулейкин В.Н. Пары воды, атмосферное электричество и поступление радона в приповерхностные слои грунта и атмосферу // Геофизические процессы и биосфера. 2014. Т. 13, № 3. С. 31–41.
- Экология человека в изменяющемся мире. Изд. 2-е, доп. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 570 с.
- Button K. City management and urban environmental indicators // Ecol. Econom. 2012. V. 40. P. 217–233.
- Grimalsky V.V., Hayakawa M., Kochevaya S.V., Burlak G.N., Sanchez-Modragon J. Mexico City as seismic resonator // Seismoelectromagnetics: Lithosphere–Atmosphere–Ionosphere coupling / Eds M. Hayakawa, O.A. Molchanov. Tokyo, 2002. P. 87–89.
- Hofman J., Lefebure W., Janssen S., Nuyts S., Mattheyses L., Samson R. Increasing the spational resolution of air quality assessments in urban areas: A comparison of biomagnetic monitoring and urban scale modeling // Atmosph. Environ. 2014. V. 92. P. 130–140.
- Jamieson K.S., Apsimon H.M., Jamieson S.S., Bell J.N.B., Yost M.G. The effects of electric fields on charged molecules and particles in individual microenvironments // Atmosph. Environ. 2007. V. 41. P. 5224–5235.
- Le-Qing W., Dickman J.D. Neural correlates of a magnetic sense // Science. 2012. V. 336. P. 1054–1057.
- Pathak V., Tripathi B.D., Mishra V. Evaluation of traffic noise pollution and attitudes of exposed individuals in working place // Atmosph. Environ. 2008. V. 42. P. 3892–3898.
- Riahi N., Gerstoft P. The seismic traffic footprint: tracking trains, aircraft, and cars seismically // Geophys. Res. Lett. 2011. V. 42. P. 2563–3068.

Сведения об авторах

СПИВАК Александр Александрович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией, Институт динамики геосфер РАН. 119334, г. Москва, Ленинский просп., д. 38, корп. 1. Тел.: +7 (495) 939-75-91. E-mail: spivak@idg.chph.ras.ru

ЛОКТЕВ Дмитрий Николаевич – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Институт динамики геосфер РАН. 119334, г. Москва, Ленинский просп., д. 38, корп. 1. Тел.: +7 (495) 939-75-00. E-mail: loctev@idg.chph.ras.ru

РЫБНОВ Юрий Сергеевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт динамики геосфер РАН. 119334, г. Москва, Ленинский просп., д. 38, корп. 1. E-mail: rybnov@idg.chph.ras.ru

СОЛОВЬЕВ Сергей Петрович – доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, Институт динамики геосфер РАН. 119334, г. Москва, Ленинский просп., д. 38, корп. 1. Тел.: +7 (916) 530-93-37. E-mail: soloviev@idg.chph.ras.ru

ХАРЛАМОВ Владимир Александрович – кандидат технических наук, научный сотрудник, Институт динамики геосфер РАН. 119334, г. Москва, Ленинский просп., д. 38, корп. 1. Тел.: +7 (910) 009-81-27. E-mail: kharlamov@idg.chph.ras.ru

GEOPHYSICAL FIELDS OF MEGALOPOLIS

A.A. Spivak, D.N. Loktev, Yu.S. Rybnov, S.P. Soloviev, V.A. Kharlamov

Institute of Geosphere Dynamics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract. The Centre of geophysical monitoring for systematic investigation of negative consequences for the human environment and infrastructure of the Moscow city resulting from natural and man-caused factor is described. The Centre is attached to the Institute of Geosphere Dynamics of the Russian Academy of Sciences (IDG RAS). The results of synchronous observations for seismic vibrations, electric and acoustic fields, atmosphere's parameters obtained in the Center and Geophysical observatory «Mikhnevo» of IDG RAS, situated outside of the zone of the Moscow influence, are examined. We revealed megalopolis influence on the physical field amplitudes, their spectra and parameters of natural periodicities. Man-caused factors which influence on the regimes of natural physical processes in the near-surface atmosphere layer are important for megalopolis characterization.

Keywords: megalopolis, instrumental observations, geophysical fields, variation, man-caused sources.