

Федеральное агентство научных организаций

Российский фонд фундаментальных исследований

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ДИНАМИКИ ГЕОСФЕР РАН

ТРИГГЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ В ГЕОСИСТЕМАХ

Материалы третьего Всероссийского семинара-совещания
г. Москва, 16–19 июня 2015 г.

Под редакцией академика РАН В.В. Адушкина
и профессора Г.Г. Кочаряна

Москва
ГЕОС
2015

*Издание осуществляется при поддержке:
Федерального агентства научных организаций
Российского фонда фундаментальных исследований
(проект № 15-05-20543)*

Триггерные эффекты в геосистемах (Москва, 16–19 июня 2015 г.): материалы третьего Всероссийского семинара-совещания / Под ред. В.В. Адушкина, Г.Г. Кочаряна. ИДГ РАН. М.: ГЕОС. 2015. 368 с.

С 16 по 19 июня 2015 г. в г. Москве, Институте динамики геосфер РАН при финансовой поддержке ФАНО России и Российского фонда фундаментальных исследований состоялся 3-й Всероссийский семинар-совещание «Триггерные эффекты в геосистемах». Целью семинара являлось обсуждение актуальных вопросов воздействия природных и антропогенных факторов на различные геосферы и геомеханические системы, находящиеся в субкритическом состоянии, а также влияние этих воздействий на систему «атмосфера-ионосфера». В работе семинара-совещания приняли участие свыше 120 ученых и специалистов из более чем 40 научных учреждений, включая ИДГ РАН, ИФЗ РАН, ОИВТ РАН, ГИН РАН, ИЗК СО РАН, ИПКОН РАН, МГУ, МФТИ и др., и ряда производственных организаций – Газпромнефть-НТЦ, ОАО «Евразруда», ОАО «Совзонд». Было заслушано 58 устных докладов и 28 стендовых презентаций, в которых были представлены достижения различных исследовательских групп.

Стоит отметить, что тематика семинара заметно расширилась за счет увеличения количества докладов по таким разделам, как «Триггерные эффекты в геологии и геодинамике», «Взаимодействия в системе литосфера-атмосфера-ионосфера», «Аномальные явления в ионосфере и верхней атмосфере Земли» и др. К сожалению, ограниченный объем книги не позволяет опубликовать все доклады, однако значительная их часть представлена в предлагаемом издании.

Физическое моделирование электросейсмического эффекта в горных породах (<i>В.А. Зейгарник, В.Н. Ключкин</i>).....	252
Инициирование сейсмических событий электрическими импульсами: лабораторный эксперимент (<i>В.А. Новиков, В.И. Окунев, В.Н. Ключкин</i>).....	259
Оценка электрокинетических параметров горных пород в экспериментах по однофазной фильтрации (<i>В.Л. Барабанов</i>).....	266
Флюиды как управляющий параметр механоэлектрических колебаний (<i>А.Н. Камшилин, П.А. Казначеев</i>).....	273
Электрофизические свойства разломных зон (<i>В.Ю. Рикман</i>).....	278

V. ТРИГГЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

О некоторых «аномальных» геофизических процессах, наблюдаемых в геосферах при подготовке и развитии сейсмических событий (<i>Л.Е. Собисевич, А.Л. Собисевич, К.Х. Канониди</i>).....	284
О влиянии космических ритмов на возникновение сильных землетрясений (<i>Ю.К. Серафимова</i>).....	295
Влияние мегаполиса на вариации физических полей (<i>А.А. Спивак, С.Г. Волосов, А.В. Крашенинников, Д.Н. Локтев, Ю.С. Рыбнов, С.А. Рябова, С.П. Соловьев, В.А. Харламов</i>).....	303
Синхронизм вариаций геофизических полей в приповерхностной зоне Земли (<i>А.А. Спивак, Д.Н. Локтев, С.А. Рябова, В.А. Харламов</i>).....	310
Синхронные возмущения акустического и электрического полей, вызванные источниками природного и техногенного происхождений (<i>С.П. Соловьев, Ю.С. Рыбнов, В.А. Харламов</i>).....	317

VI. ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ АТМОСФЕРА-ИОНОСФЕРА

Ключевая роль межпланетного магнитного поля в формировании режима колебаний магнитосферы Земли (<i>А.В. Гульельми, А.С. Потапов, Б.В. Довбня</i>).....	328
Критический анализ математических моделей проникновения квазистационарного электрического поля из нижней атмосферы в ионосферу (<i>В.В. Денисенко</i>).....	335
Распространение сейсмо-индуцированных акустических волн в стратифицированной атмосфере и акустическое воздействие на ее состояние (<i>В.А. Гусев, Р.А. Жостков</i>).....	344
Экспериментальное исследование ионосферных возмущений 17 марта 2015 г. (<i>Б.Г. Гаврилов, В.М. Ермак, Ю.В. Поклад, И.А. Ряховский</i>).....	352
Триггерный эффект при искусственном вызывании осадков (<i>В.Н. Козлов, Н.А. Коршун, А.В. Тертышников</i>).....	359

УДК 550.3; 550.4

ВЛИЯНИЕ МЕГАПОЛИСА НА ВАРИАЦИИ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

***А.А. Спивак, С.Г. Волосов, А.В. Крашенинников, Д.Н. Локтев,
Ю.С. Рыбнов, С.А. Рябова, С.П. Соловьев, В.А. Харламов***

Институт динамики геосфер РАН, Москва

Анализируются результаты синхронных наблюдений за физическими полями и метеопараметрами атмосферы, выполненных в Центре геофизического мониторинга г. Москвы и на Геофизической обсерватории «Михнево» ИДГ РАН, расположенной вне зоны влияния Москвы. 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.

Введение

Исследование геофизических полей в условиях мегаполиса представляет значительный интерес не только с точки зрения их влияния на работу прецизионной аппаратуры и технологические процессы, связанные с тонким нанотехнологиями, но, что, пожалуй, наиболее важно, с точки зрения формирования особой среды обитания человека и других биологических объектов [Адушкин, Спивак, 2014; Адушкин, Спивак, 1995; Москва..., 1997]. Действительно, мегаполис вызывает значительные изменения режимов физических полей как напрямую, так и опосредованно. Нарушение верхнего слоя грунта при крупномасштабном строительстве приводит не только к изменению ландшафта и режима подземных вод, но также вызывает повышенные потоки подземных флюидов, включая весьма опасные для организма человека – эманации природного радона. Негативные факторы мегаполиса, связанные с повышенными вибрациями грунта в результате работы транспорта, акустической нагрузкой при строительстве объектов инфраструктуры и транспортных коммуникаций и так далее дополняются еще одним негативным фактором, о котором до недавнего времени знали мало. Речь идет о вариациях физических полей (в первую очередь электрических и магнитных) наведенных в результате техногенной деятельности. В результате эволюции человек приспособился к естественному режиму физических полей. Поэтому любые, даже самые кратковременные изменения физических полей в окружающей среде, их отклонения от естественного уров-

ня могут существенно сказаться на здоровье человека, включая изменения психоэмоционального состояния [Беляев и др., 2003; Экология, 2008].

В настоящей работе оценивается влияние мегаполиса (в данном случае г. Москвы) на характер и режим микросейсмического, электрического и акустического полей в приземной атмосфере.

Используемые данные

В настоящей работе анализировались данные, полученные в результате непрерывной синхронной регистрации физических полей и метеопараметров в Центре геофизического мониторинга г. Москвы ИДГ РАН [Спивак и др., 2014]. Сейсмическая регистрация выполнялась с помощью высокочастотных сейсмоприемников СМ-3КВ (диапазон частот 0,5–40 Гц) и широкополосных STS-2 (диапазон частот 0,08–20 Гц), размещенными на постаменте в подвальном помещении ИДГ РАН. Регистрация вертикальной компоненты электрического поля выполняется с помощью флюксметра ИНЭП, размещенного на специальной площадке, оборудованной на крыше ИДГ РАН. Барические вариации в атмосфере фиксировались с использованием 3-х каналов регистрации, в которых в качестве первичных датчиков использовались: микробарометр абсолютного давления МАД-01 (регистрируемый диапазон частот 0–10 Гц), микробарометр К-304А вариаций абсолютного давления (регистрируемый диапазон частот 0,001–10 Гц), расположенные в подвальном помещении ИДГ РАН, и измерительный микрофон 4147 фирмы Брюль&Кьер (полоса регистрируемых частот 0,05–100 Гц, динамический диапазон 0,01–50 Па). Регистрация параметров атмосферы выполняется с помощью цифровой автоматической метеостанции Davis Vantage Pro2.

С целью определения особенностей физических полей в мегаполисе, получаемые данные сравнивались с результатами регистрации, выполненными на Геофизической обсерватории «Михнево» ИДГ РАН (ГФО МНВ), расположенной в 85 км южнее Москвы.

Результаты наблюдений

Сейсмический фон. Результаты сопоставительного анализа сейсмических записей свидетельствуют о наличии существенных отличий между сейсмическим фоном г. Москвы и вне зоны влияния города. В отличие от ГФО МНВ, 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. Москве в диапазоне частот 0,5–40 Гц может достигать в отдельные периоды времени 12–15 мкм/с в то время как вне зоны влияния мегаполиса (ГФО МНВ) она не превышает 0,5 мкм/с. Также наблюдаются существенные отличия в спектральных характеристиках сейсмического фона.

Как это видно из рис. 1, амплитуды сейсмического фона в условиях мегаполиса и ГФО МНВ 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. Москве, а в диапазоне частот 60–100 Гц это отличие достигает ~50 дБ.

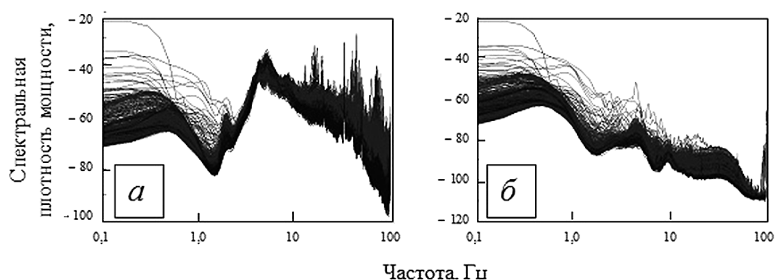


Рис. 1. Спектральная плотность мощности сейсмического фона в г. Москве (а) и на ГФО «Михнево» ИДГ РАН (б) за июль 2014 г.

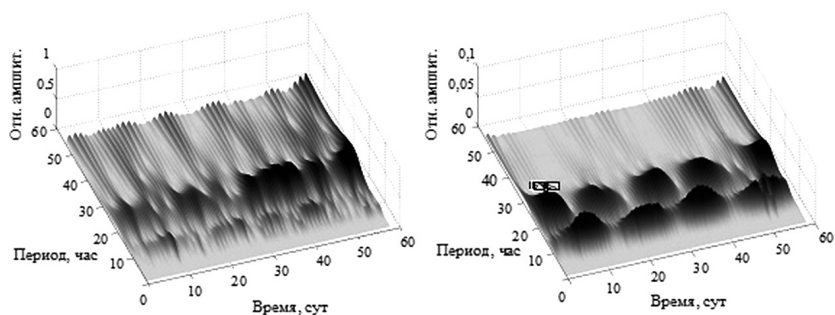


Рис. 2. Вейвлет-скалограммы вариаций амплитуды сейсмического фона в г. Москве (слева) и на ГФО «Михнево» (справа) за период сентябрь–октябрь 2014 г.

Значительные отличия наблюдаются в периодичностях, характерных для сейсмического фона в г. Москве и на ГФО МНУ. Представленные на рис. 2 вейвлет-скалограммы свидетельствуют об отсутствии выраженных суточных и полусуточных периодичностей в вариациях амплитуды сейсмического фона в г. Москве, которые хорошо проявляются на спектрах ГФО МНУ.

Электрическое поле. Характеристики электрического поля в г. Москве и вне зоны ее влияния характеризуются сезонной изменчивостью. Так, например в летний период времени среднесуточные значения вертикальной компоненты напряженности электрического поля E в дни с хорошими погодными условиями (отсутствие

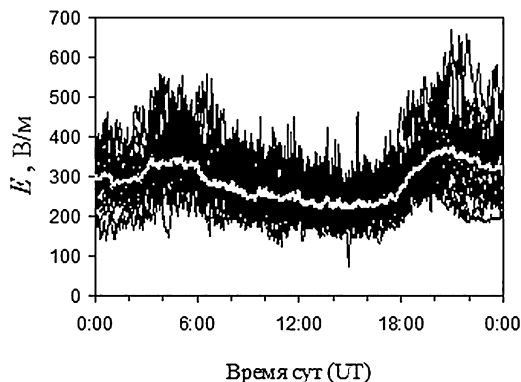


Рис. 3. Суточный ход вертикальной компоненты напряженности электрического поля в дни с хорошей погодой в г. Москве за период 24.05–0.09.2014 г. (белая линия – средние значения)

плотной облачности, осадков, резких порывов ветра и т.д.), величина E изменяется в интервале 150–650 В/м (рис. 3). В зимний период времени значения E при тех же погодных условиях не превышают 50–150 В/м. Однако в целом напряженность электрического поля в приземной атмосфере в условиях г. Москвы выше значений, наблюдаемых вне зоны влияния мегаполиса, а в ряде случаев превосходит его значительно (см. пример на рис. 4).

Величина возмущенной составляющей электрического поля (рис. 5) в летний период времени (прохождение холодных атмосферных фронтов с грозовыми проявлениями, формирование плотной облачности) может достигать 6–8 кВ/м. В зимний период времени эта величина не превышает 500–800 В/м.

При атмосферных осадках вариации электрического поля имеют бухтообразный вид. В случае прохождения мощного холодного фронта с продолжительными осадками можно наблюдать сходные вариации напряженности электрического поля в г. Москве и на ГФО МНВ. Пример таких вариаций представлен на рис. 6. Мощный холодный атмосферный фронт с непрекращающимися в течение несколь-

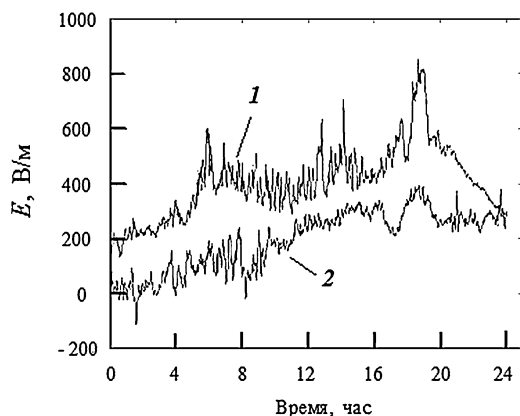


Рис. 4. Суточные вариации вертикальной компоненты напряженности электрического поля в приземной атмосфере в г. Москве (1) и на ГФО «Михнево» (2) 15.09.2014 г.

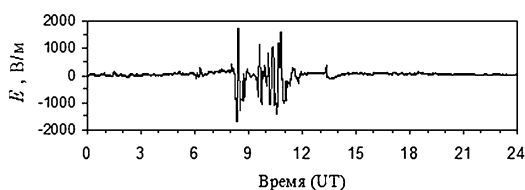


Рис. 5. Пример возмущенного электрического поля в г. Москве 15.10.2014 г. (холодный атмосферный фронт с грозовыми явлениями)

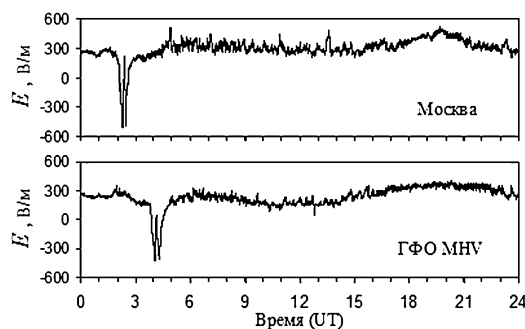


Рис. 6. Пример вариаций вертикальной компоненты напряженности электрического поля в г. Москве (верхняя панель) и на ГФО «Михнево» (нижняя панель) в период прохождения холодного атмосферного фронта, сопровождающегося мощными осадками в виде дождя (16.06.2014 г.)

ких часов осадками в виде дождя распространялся в направлении с северо-северо-востока на юго-юго-запад, захватывая своими крыльями сначала г. Москву, затем ГФО МНУ. Видно, что при сходной интенсивности осадков морфология вариаций E в г. Москве и с некоторой задержкой ($\sim 1,5$ часа) на ГФО МНУ практически одинакова. Это позволяет оценить скорость продвижения холодного фронта, которая в нашем случае составила около 50 км/час.

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 акустических колебаний увеличивается до 20–30 Па в зависимости от мощности атмосферного фронта (рис. 7), а в случае сильных грозовых явлений может достигать значений 100–120 Па. Мощные возмущения техногенного происхождения, например, праздничные салюты, могут вызывать увеличение амплитуды акустических колебаний до 40–500 Па в зависимости от расстояния до источника (рис. 8).

Рис. 7. Пример вариаций амплитуды акустических колебаний A в диапазоне частот 0,001–10 Гц при прохождении холодного фронта через г. Москву и ГФО «Михнево» 11.08.2014 г. (P_0 – вариации атмосферного давления)

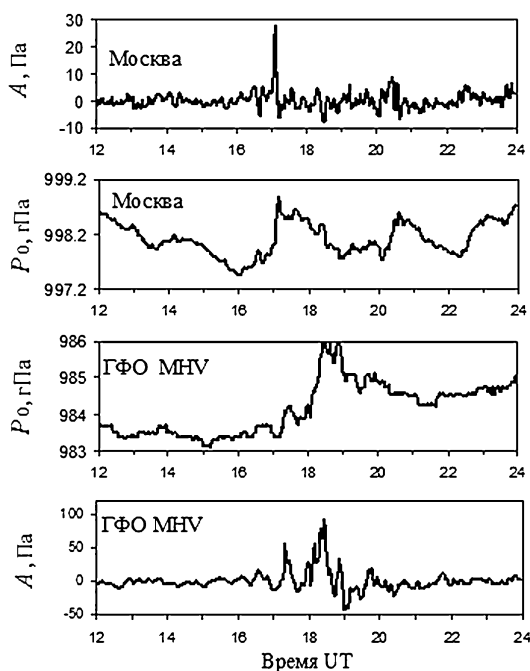
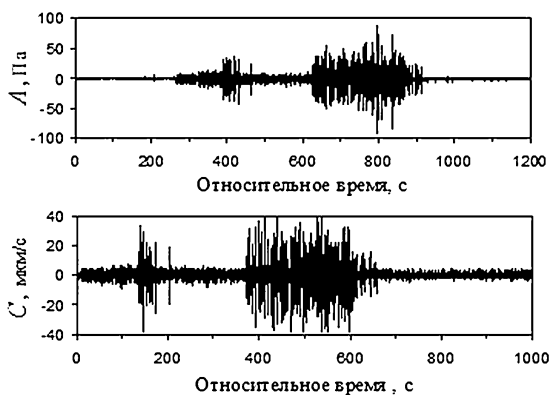


Рис. 8. Микробарические вариации (верхняя панель) и сейсмический сигнал (нижняя панель), вызванные праздничным салютом 23.02.2015 г. в г. Москве



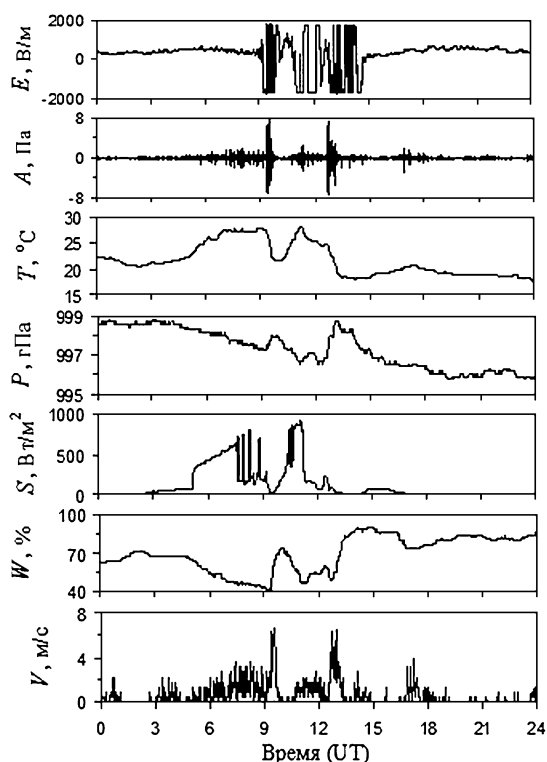


Рис. 9. Пример синхронных вариаций параметров атмосферы (температуры воздуха и атмосферного давления (T и P), мощности солнечной радиации S , влажности воздуха W , скорости ветра V) и физических полей (вертикальной компоненты напряженности электрического поля E , амплитуды акустических колебаний A) в г. Москве 07.08.2014 г.

Синхронизм физических полей и метеопараметров. Наблюдения свидетельствуют о синхронности вариаций физических полей и параметров, характеризующих возмущения в атмосфере. Пример такого рода синхронных вариаций всех измеряемых величин приведен на рис. 9, из которого видно, что прохождение мощных холодных атмосферных фронтов в периоды 9:105–10:10 UT и 13:10–14:20 UT, сопровождающиеся практически скачкообразным изменением температуры воздуха T и атмосферного давления P , а также повышением влажности воздуха W и бухтообразным уменьшением солнечной радиации S , вызывает вариации не только амплитуды микропульсаций атмосферного давления A , но также значимые вариации вертикальной составляющей напряженности электрического поля E .

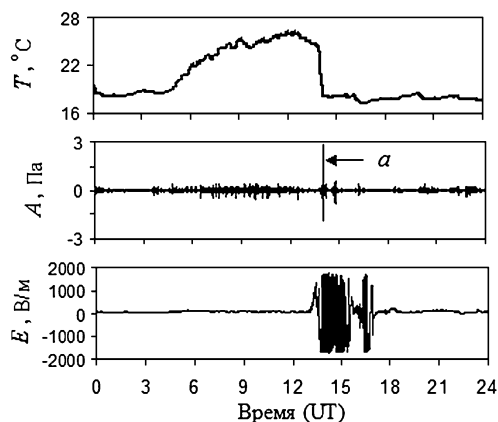
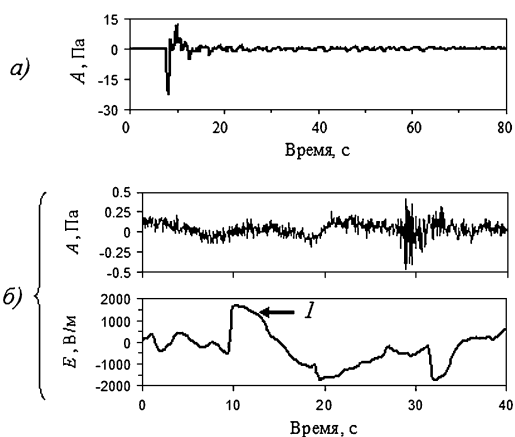


Рис. 10. Регистрация взрыва емкости микрофоном 4147 с газом (a – момент взрыва) при молниевом разряде в период грозных явлений, сопровождающих мощный холодный фронт 22.05.1915 г.

Рис. 11. Акустический сигнал, вызванный взрывом емкости с газом (а) во время пожара 22.05.2015 г. в г. Москве. Нижняя панель (б) – акустический A и электрический E (I) сигналы от молниевозного разряда (время запаздывания акустического сигнала относительно электрического определяется расстоянием до источника (~5,5 км))



Техногенные возмущения. Отличительной особенностью мегаполиса является наличие мощных возмущений физических полей от техногенных источников. В частности, регистрируются значимые возмущения акустического и электрического полей при крупных пожарах, сопровождающихся обрушением сооружений или взрывом емкостей с газом. Пример такого события приведен на рис. 10 (разряд молнии вызвал пожар и взрыв резервуара большой емкости, в котором содержался газ). Интересно отметить, что амплитуда взрывного сигнала, зарегистрированного примерно в 10 км от очага, существенно превышает амплитуду акустического сигнала, сопровождающего разряд молнии, что хорошо видно из рис. 11.

Заключение

Результаты инструментальных наблюдений свидетельствуют о значительном влиянии мегаполиса на физические поля в приземной атмосфере. Наличие техногенных источников непрерывного и импульсного действия вызывает существенное увеличение амплитуды физических полей, их спектральных характеристик, а также нарушение естественных, задаваемых природой периодичностей.

Исследования выполнены 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».

Литература

- Адушкин В.В., Спивак А.А. Физические поля в приповерхностной геофизике. М.: ГЕОС, 2014. 360 с.
- Адушкин В.В., Спивак А.А. Мегполис: проблема геофизических полей // Наука в России. 1995. № 5. С. 65–69.
- Беляев Г.Г., Чмырев В.М., Клейменова Н.Г., Козырева О.В. Электромагнитный ультранизкочастотный фон мегаполиса (г. Москва) // геомагнетизм и аэрономия. 2003. Т. 43. № 5. С. 697–701.

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

Спивак А.А., С.Г. Волосов, Д.Н. Локтев и др. Организация и первые результаты наблюдений за физическими полями г. Москвы // Динамические процессы в геосферах. Вып. 6. М.: ГЕОС, 2014. С. 106–115.

Экология человека в изменяющемся мире / Колл. авторов. Изд.2-е, доп. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 570 с.

УДК 550.34+350.34

СИНХРОНИЗМ ВАРИАЦИЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ЗОНЕ ЗЕМЛИ

А.А. Спивак, Д.Н. Локтев, С.А. Рябова, В.А. Харламов

Институт динамики геосфер РАН, Москва

Приводятся результаты анализа экспериментальных данных синхронных наблюдений за вариациями электрического и магнитного полей, а также акустических колебаний в приповерхностной зоне Земли в сопоставлении с вариациями метеорологических параметров. Показан синхронизм вариаций указанных полей и параметров атмосферы, впервые отмечены не только синхронные, но также опережающие проявления возмущений геомагнитного поля, введен в рассмотрение новый параметр – обратный магнитный типпер, вариации которого при возмущениях атмосферы проявляются более ярко по сравнению с вариациями магнитного типпера.

Введение

Изучение физических полей Земли и их вариаций имеет особое значение для установления причин и механизмов изменения окружающей среды и климата. Другой не менее важной задачей является мониторинг процессов, связанных с природными и антропогенными воздействиями на биосферу Земли, установлением отклика природной среды на эти воздействия, а также определение границ предельно допустимых техногенных нагрузок, как на среду обитания, так и на живую природу, включая организм человека [Экология, 2006].

Физические поля Земли играют важную роль в межгеосферных взаимодействиях. Благодаря преобразованию и взаимодействию физических полей осуществляются взаимные связи между процессами, протекающими в твердых оболочках Земли и ее верхних геосферах [Адушкин, Спивак, 2012]. Физические поля соединяют воедино все геосферы, формируя самосогласованную геофизическую систему. Функционирование такой системы, как и любой другой сложной многокомпонентной системы, описывается квазистационарной составляющей, сформированной в результате