

DOI: 10.18454/2079-6641-2017-20-4-64-75

УДК 551.510.71+551.594.13

ВЛИЯНИЕ ГОРОДА (ТЕХНОСФЕРЫ) НА ВАРИАЦИИ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ И РАДИАЦИОННЫХ ВЕЛИЧИН

**П.М. Нагорский¹, Т.А. Зенченко^{2,3}, К.Н. Пустовалов¹,
М.С. Черепнев⁴, Г.А. Яковлев⁵, В.С. Яковлева⁴**

¹ Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 364055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3

² Институт теоретической и экспериментальной биологии РАН, 142290, Россия, г. Пущино Московской обл., ул. Институтская, 3

³ Институт космических исследований РАН, 117997, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, 84/32

⁴ Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

⁵ МБОУ лицей при Томском политехническом университете, 634028, Россия, г. Томск, ул. А.Иванова, 4

E-mail: npm_sta@mail.ru, vsyakovleva@tpu.ru

Приведен детальный анализ результатов параллельного мониторинга идентичных электрофизических, метео и радиационных величин внутри городских построек и на открытом воздухе с целью выявления влияния техносферы на поведение этих величин. Получено, что измеряемые величины можно условно разделить на три группы, для которых: 1) наличие здания не изменяет спектрально-временную картину вариаций (СВКВ) (магнитное поле, атмосферное давление); 2) наличие здания частично изменяет СВКВ (γ -фон, температура); 3) наличие здания полностью изменяет СВКВ (относительная влажность воздуха, турбулентные и ветровые характеристики воздуха, напряженность электрического поля, количество легких ионов обеих полярностей, α - и β - фон). Полученные результаты необходимо учитывать при исследовании влияния гелиогеофизических факторов и радиоактивности на биологические объекты и системы.

Ключевые слова: электрофизика приземной атмосферы, ионизирующая радиация, биологический объект, атмосфера, техносфера

© Нагорский П. М., и др., 2017

Введение

Работа посвящена обсуждению результатов параллельного мониторинга идентичных геофизических величин внутри и вне помещения с целью выявления влияния здания на изменение спектрального состава вариаций этих величин. Впервые, на примере оценки концентрации легких ионов обеих полярностей внутри помещения, масштабные исследования искажения вариаций геофизических величин во время присутствия и отсутствия человека в помещении были проведены А.Л. Чижевским [1], 120-летие со дня рождения которого широко отмечено научной общественностью [2] в 2017 году.

Однако при проведении исследований в области космической биологии необходимо учитывать тот факт, что аппаратура, регистрирующая состояние и динамику систем организма человека, и аппаратура, регистрирующая вариации геофизических величин, не только разнесены по пространству, но и функционируют в разных условиях. Данное обстоятельство может явиться и является источником ложных выводов, обусловленных изменением спектрального состава вариаций геофизических процессов при разнесении регистрирующей геофизической аппаратуры и исследуемого биологического объекта. В итоге: как временное, так и спектральное представление экспериментальных данных внутри и вне помещения, могут радикальным образом отличаться [3, 4]. Также до настоящего времени остается неясным, какие внешние факторы при воздействии на биообъекты являются основными и какими условиями определяется возможность их воздействия.

Подчеркнем ещё одно обстоятельство: непосредственное воздействие ионизирующих излучений на окружающую среду, биологические объекты и человека определяется видом излучения. Потоки α - частиц, имеющие очень малую длину пробега в воздухе, могут воздействовать только на кожные покровы и легкие человека. В биологических тканях величина пробега β - частиц лежит в пределах от долей до единиц сантиметров (воздействуют на кожные и подкожные ткани). Поток фотонов γ - излучения обладает высокой проникающей способностью и воздействует на весь организм.

Вышесказанные обстоятельства и определили цель настоящей работы, которая заключается в исследовании влияния техносферы (зданий и других городских техногенных объектов) на искажение спектрально-временной динамики идентичных геофизических величин внутри и вне зданий. В качестве анализируемых геофизических и радиационных факторов в работе рассмотрены вариации:

- основных метеорологических величин (температура, влажность, давление, компоненты векторы скорости ветра, параметры турбулентности и др.);
- электрического поля, электропроводности, концентраций легких ионов обеих полярностей;
- плотности потоков α - и β -излучения, мощности дозы γ -, рентгеновского и нейтронного излучения.

Измерительное оборудование и методология проведения эксперимента

Перечисленные выше геофизические величины измерялись при помощи комплекса аппаратуры, расположенного на открытых площадках и внутри здания ИМКЭС СО РАН. Общая схема размещения аппаратуры приведена на рис. 1 [5].

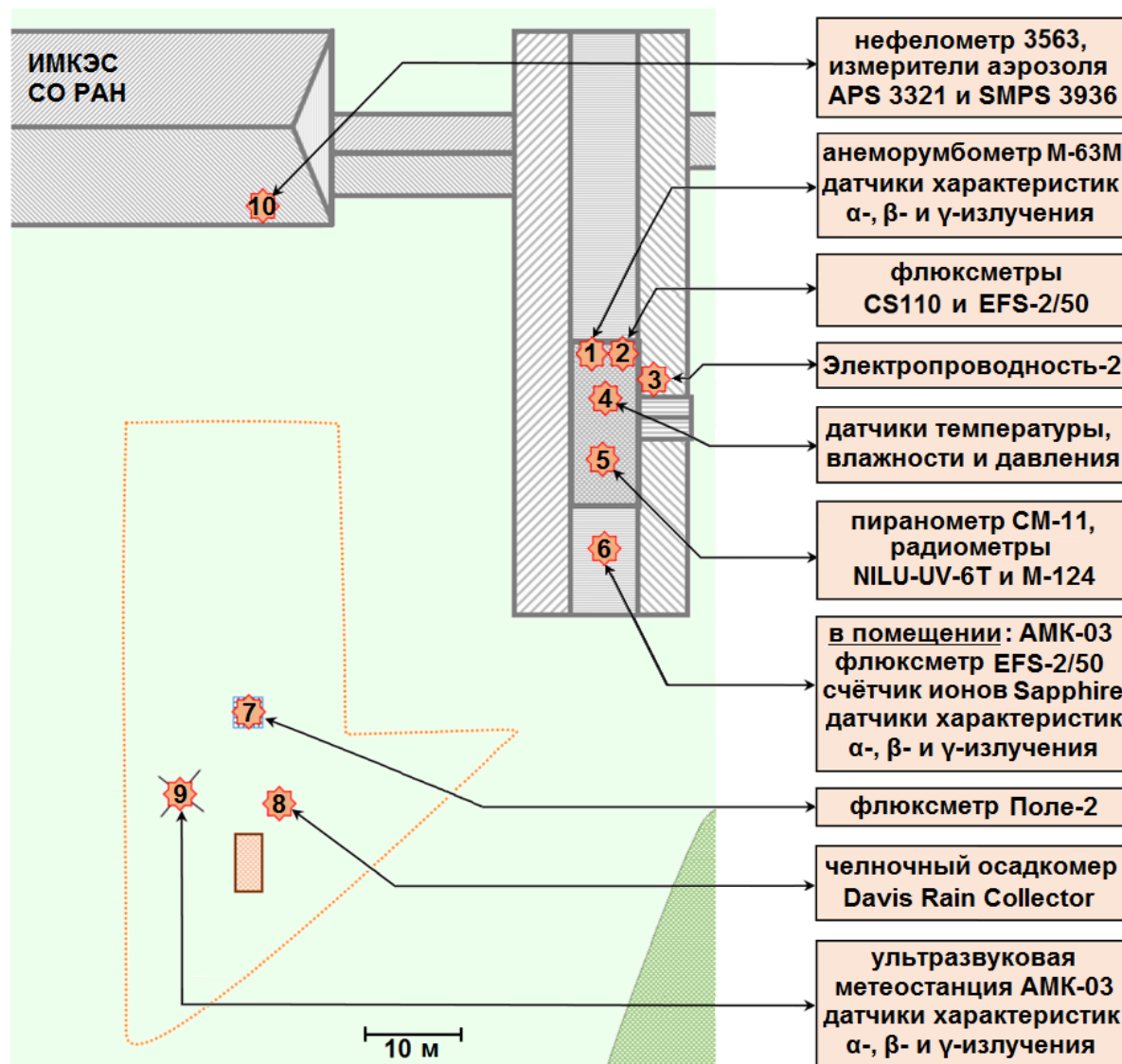


Рис. 1. Схема установки оборудования для измерения электрофизических, метеорологических величин и α -, β -, γ - компонент естественного фона ионизирующей радиации

Аппаратура 6 (рис. 1) установлена внутри здания на 4-м этаже и в мезонине (на крыше здания), а приборы 1-5, 7-10 – находятся на открытом воздухе на нижней (поверхность земли) и верхней (крыша мезонина) наблюдательных площадках.

Всего было проведено 3 цикла измерений: осень 2012 года (с 1 по 4 октября), осень 2013 года (с 3 по 16 октября) и весна-лето 2017 года (с 27 февраля по 6 июля). В первом цикле измерений аппаратура внутри помещения регистрировала уровень γ -фона и градиент потенциала электростатического поля, причем флюксметр рабочей поверхностью (мельницей) был специально направлен в сторону проводов, подводящих электропитание. Второй эксперимент был целиком посвящен анализу данных по легким ионам и электропроводности вне и внутри помещения. В третьем эксперименте состав измерительной аппаратуры варьировался в течение всего эксперимента, однако длительность регистрации каждой из исследуемых величин была не менее

нескольких суток. Флюксметр рабочей поверхностью в этом эксперименте был направлен в сторону, противоположную подводящего электропитания.

Параллельно, во всех экспериментах привлекались данные по вариациям компонент геомагнитного поля и вторичной компоненты космических лучей без коррекции на атмосферное давление (обсерватория Ключи, Новосибирская обл.).

Результаты и их обсуждение

Влияние техногенных сооружений на напряженность электрического поля.

Сравнение вариаций напряженности электрического поля внутри здания ИМКЭС и вне здания на экспериментальной площадке, измеренных согласно схеме на рис. 1, приведено на рис. 2.

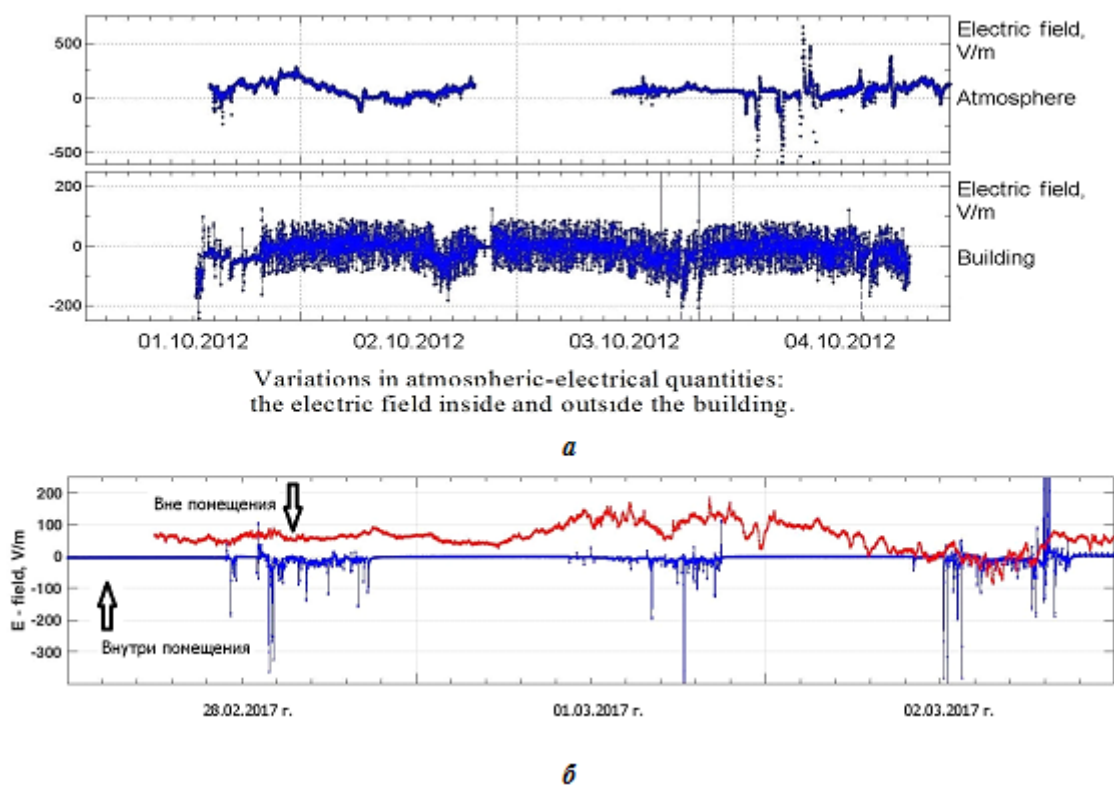


Рис. 2. Вариации напряженности электрического поля внутри и вне здания

Для эксперимента 2012 г. вариации напряженности электрического поля внутри здания имеют ярко выраженный суточный ход и высокую дисперсию, обусловленную влиянием электрических полей промышленной частоты. В эксперименте 2017 г. проявление суточной вариации в помещении было практически исключено сменой ориентации рабочей поверхности флюксметра.

Вместе с тем, изменение ориентации флюксметра привело к регистрации всплесков напряженности поля, связанных с перемещением людей в помещении, что не могло быть зафиксировано в первом эксперименте (2012 г.).

Исчезновение в помещении флуктуаций электрического поля в вечерние часы 2.10.2012 г. связано с крупной аварией в электросетях микрорайона «Академгородок» и отключением электропитания. Фрагмент, регистрирующий исчезновение флуктуаций электрического поля в момент аварии приведен на рис. 3.

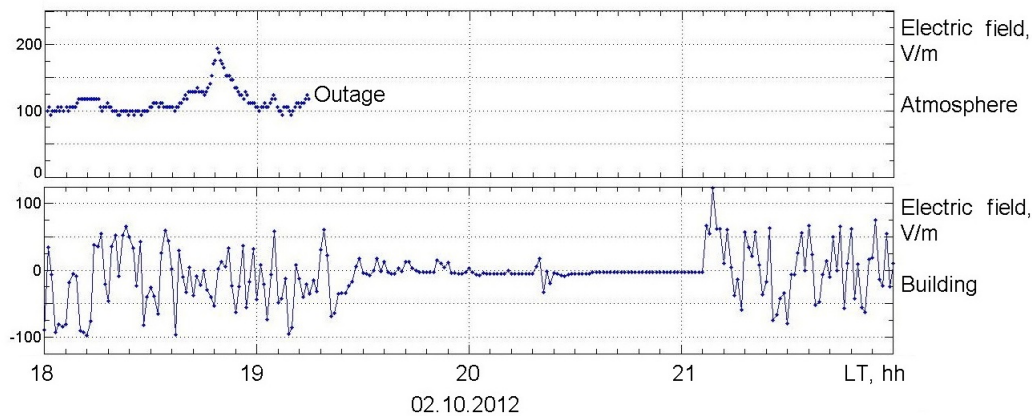


Рис. 3. Вариации напряженности электрического поля во время отключения электроэнергии

Этот рисунок наглядно иллюстрирует тот факт, что отключение электропитания вследствие аварии – это не одномоментный процесс.

Перейдем к анализу вариаций напряженности поля вне помещения. Наиболее значимые вариации напряженности поля связаны, как правило, с прохождением мощной конвективной облачности, включая явления, обусловленные грозовой активностью. Сопоставим данные по вариациям напряженности поля вне и внутри здания во время прохождения мощной кучевой облачности с проявлениями грозовой и ливневой активности (рис. 4). В эксперименте 2017 г. были получены аналогичные результаты. Таким образом, можно констатировать: а) вариации напряженности атмосферного электрического поля не коррелируют с вариациями поля внутри помещения; б) напряженность поля вне и внутри помещения формируется принципиально различными источниками, не связанными между собой.

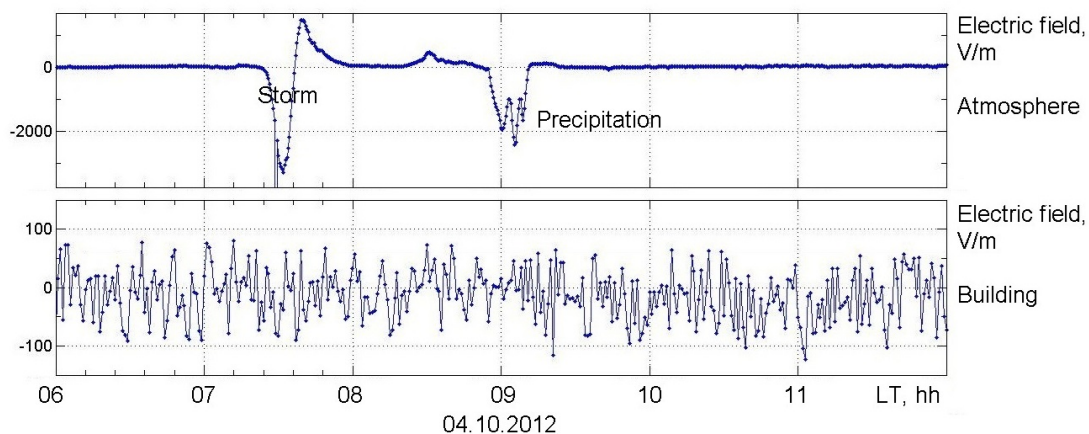


Рис. 4. Вариации напряженности электрического поля во время грозы

Необходимо отметить, что эксперимент 2012 года проходил на фоне спада магнитной активности, вызванным сильным магнитным возмущением с $a_p > 100$. Фрагмент вариаций a_p — индекса и H_x — компоненты магнитного поля по данным обсерватории Ключи во время проведения эксперимента представлен на рис. 5.

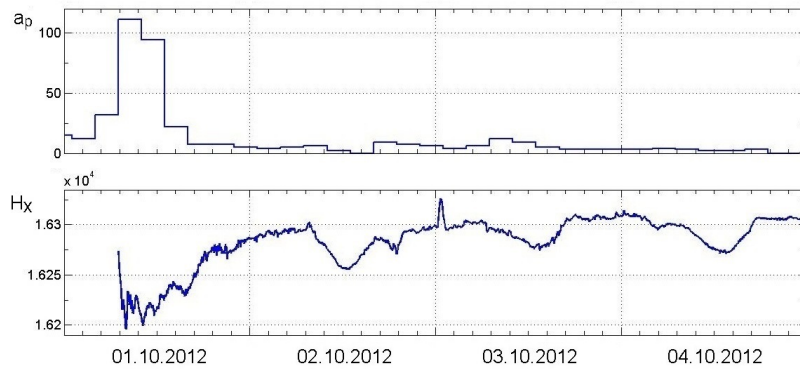


Рис. 5. Вариации a_p — индекса и H_x — компоненты геомагнитного поля

Вариации концентраций легких ионов вне и внутри помещений. Трансформация спектра вариаций фиксируется и для других геофизических величин, регистрируемых внутри и вне здания. Рассмотрим вариации полярных электропроводностей вне здания и числа легких ионов внутри здания (рис. 6), полученные во втором и третьем экспериментах и сравним эти результаты с данными, представленными в [1].

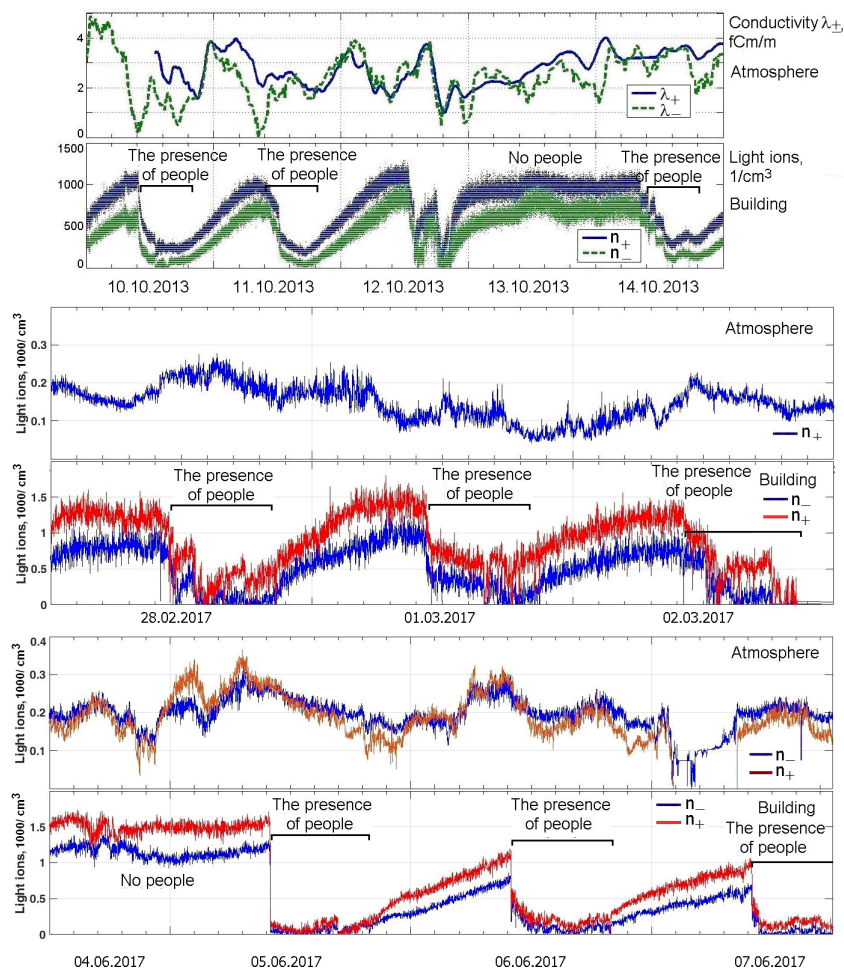


Рис. 6. Вариации полярных электропроводностей (λ_{\pm}) и числа легких ионов (n_{\pm}) в осенних и весенних условиях и в начале лета

Характерной чертой вариаций внутри помещения является то, что появление людей в помещении приводит к практически полному исчезновению легких ионов, на что в свое время указывал и Александр Леонидович Чижевский (рис. 7).

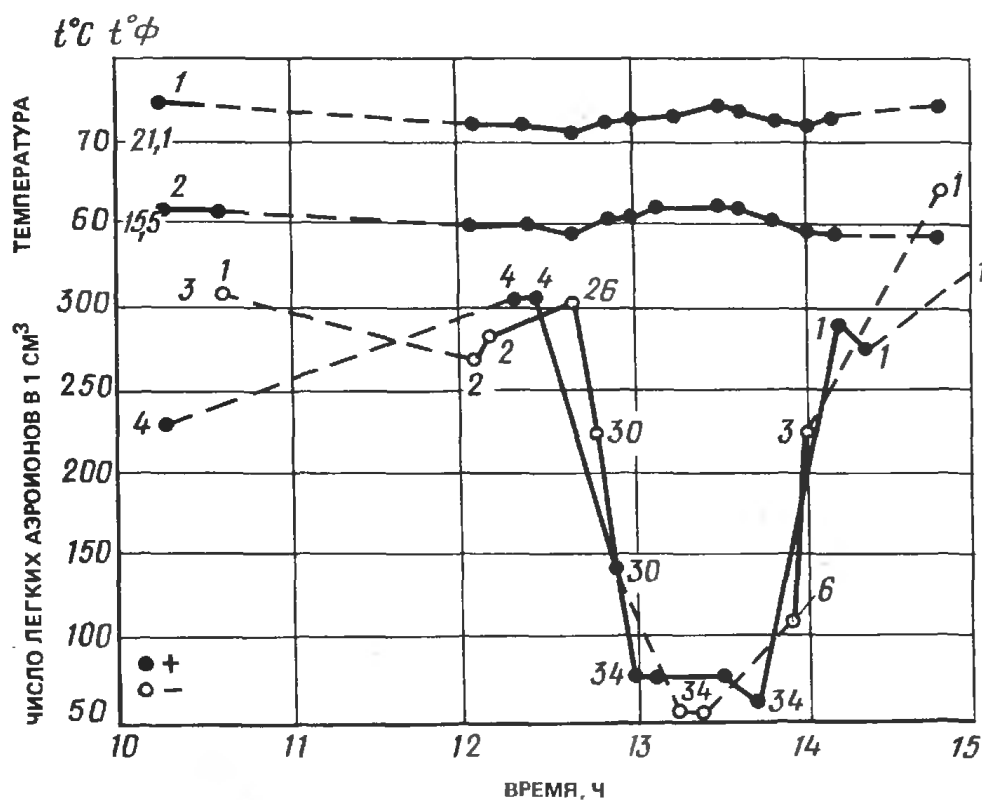


Рис. 7. Динамика концентрации легких аэроионов положительной и отрицательной полярности в обитаемых помещениях по А.Л. Чижевскому [1] (цифры на кривых – число людей), 1, 2 – кривые при различной температуре, 3, 4 – концентрация легких аэроионов при различном числе людей, находящихся в помещении

Качественно, полученные нами результаты подтверждают выводы, сделанные А.Л. Чижевским [1]. Вместе с тем детальное исследование процессов падения концентрации легких ионов при появлении людей внутри помещения и её восстановления после их ухода показывает, что для этих процессов существует явная сезонная зависимость. Сравнительный анализ данных второго и третьего экспериментов показал, что для осени (2013 г.) и весны (2017 г.) эти процессы идентичны. В весенне-летних условиях (начало июня 2017 г.) появление человека в помещении приводит практически к мгновенному исчезновению легких ионов обеих полярностей и к их медленному восстановлению после его ухода. Конец июня – начало июля характеризуется практически полным исчезновением отрицательных легких ионов при сохранении значительного числа положительных легких ионов при отсутствии человека.

Так же как и в случае вариаций напряженности электрического поля наиболее значимые из них связаны с прохождением мощной конвективной облачности и грозовой активностью. Сопоставим данные по количеству легких ионов вне и внутри здания во время прохождения над пунктом регистрации мощной кучевой облачности внутримассового происхождения (рис. 8).

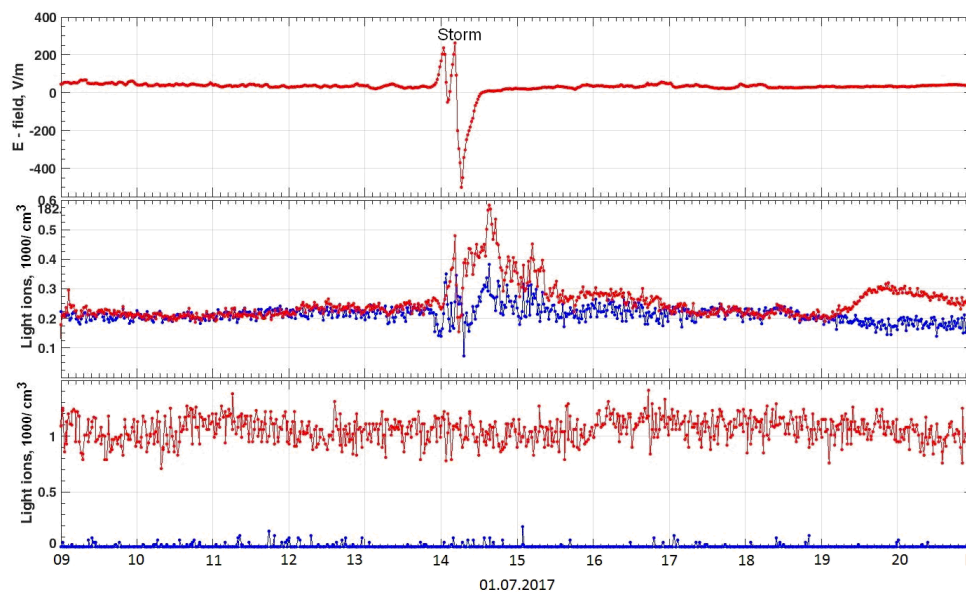


Рис. 8. Вариации электрического поля (верхняя панель), полярных электропроводностей вне (средняя панель) и внутри (нижняя панель) помещения во время грозы

Анализ данных, зарегистрированных во время гроз, показывает, что «медленные» вариации [6] напряженности электрического поля, характерные конвективному облаку в грозовой стадии, приводят к согласованным вариациям числа положительных и отрицательных легких ионов и, соответственно, к вариациям полярных электропроводностей [7, 8].

Внутри здания число легких ионов обеих полярностей практически не реагирует на изменения атмосферного электрического поля. Следовательно, вариации числа легких ионов, так же как и вариации напряженности электрического поля, вне и внутри помещения не коррелируют между собой. Последнее указывает на то, что концентрация легких ионов обеих полярностей вне и внутри помещения определяется принципиально различными источниками, которые никак не связаны между собой.

Вариации компонент фона ионизирующих излучений вне и внутри помещений. Искажение техногенными объектами характера изменения радиационных величин иллюстрируется рис. 9.

Анализ данных эксперимента (рис. 9) показывает, что наличие здания частично изменяет (сглаживает) спектрально-временную картину вариаций γ -фона внутри здания, по сравнению с его изменением на открытом воздухе. При этом, наблюдается замечательная синхронность и амплитуда вариаций γ -фона на 1 м и 25 м вне помещения. Для большей наглядности на нижней панели приведены случаи выпадения дождевых осадков, во время которых естественный атмосферный γ - и β -фон повышается за счет осаждения дочерних продуктов распада радиоактивных газов радона и торона [9]. Несмотря на высокую проникающую способность γ -излучения, стены здания существенно снижают поток фотонов внутрь здания из окружающего пространства. Это подтверждает то, что детекторы, установленные внутри зданий, будут регистрировать искаженную информацию об истинной радиационной обстановке в городской среде вне помещений.

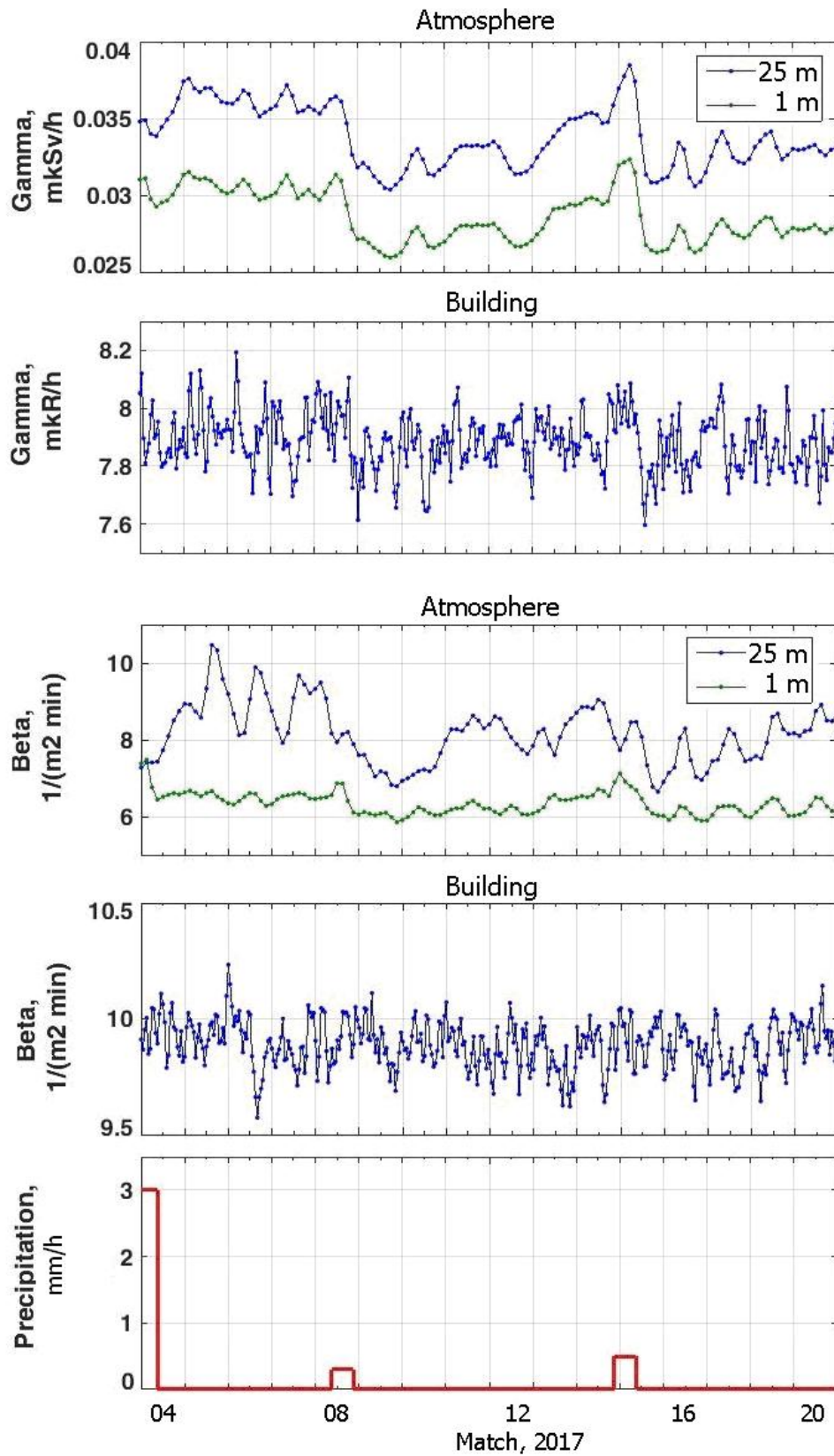


Рис. 9. Динамика β -, γ -фона и осадков на разных высотах в приземной атмосфере и внутри здания

β -излучение из атмосферы не попадает внутрь зданий из-за низкой проникающей способности. Поэтому динамика β -фона вне и внутри здания, как следует из рис. 9, совершенно различна. Основные источники β -излучения внутри здания – стройматериалы и короткоживущие продукты распада радона и торона, находящиеся в воздухе помещений. Аналогичная ситуация наблюдается и для α -фона внутри и вне зданий, что объясняется разными источниками α -излучения и динамикой воздушных потоков. Таким образом, техногенные объекты полностью изменяют спектрально-временную картину вариаций β - и α -фона.

Заключение

На основании анализа временных и спектральных характеристик вариативных составляющих геофизических и радиационных величин, зарегистрированных вне и внутри помещения в осенний, весенний и летний сезоны года, сделано заключение, что измеряемые величины можно условно разделить на три группы:

– 1-ая группа – наличие здания не изменяет спектрально-временную картину вариаций (СВКВ), к этой группе следует отнести вариации магнитного поля и атмосферного давления;

– 2-ая группа – наличие здания частично изменяет СВКВ, в эту группу входят вариации γ -фона;

– 3-ая группа – наличие здания полностью изменяет СВКВ, к этой группе относятся вариации температуры, относительной влажности воздуха, турбулентных и ветровых характеристик воздуха, напряженности электрического поля, количества легких ионов обеих полярностей, электропроводность, α - и β -фон.

Список литературы

- [1] Чижевский А. Л., *Аэроионификация в народном хозяйстве*, Госпланиздат, 1960, 759 с. [Chizhevskiy A. L., *Aeroionifikatsiya v narodnom khozyaystve*, Gosplanizdat, 1960, 759 pp.]
- [2] *Материалы I Международной научной конференции, посвященной сохранению творческого наследия и развитию идей А.Л. Чижевского*, Политоп, Калуга, 2017, 179 с. [*Materialy I Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy sokhraneniuyu tvorcheskogo naslediya i razvitiyu idey A.L. Chizhevskogo*, Politop, Kaluga, 2017, 179 pp.]
- [3] Nagorskiy P. M., Zenchenko T. A., Breus T. K., Smirnov S.V., “Variations of magnetic and electrostatic atmospheric parameters and dynamics of the heart rate in mHz range”, *40th COSPAR Scientific Assembly. Space Climate*. V. D2.2, Moscow, 2014.
- [4] Nagorskiy P. M., Yakovleva V. S., Makarov E. O., Firstov P. P., Kondratyeva A. G., Stepanenko A. A., “Radioactive γ/β tracer to explore dangerous technogenic phenomena”, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, **135** (2016), 012031, 2015, V. 10, №. 1, pp. 59-65.
- [5] Yakovleva V. S., Nagorskiy P. M., “The development of radiation monitoring technology for urban environment”, *Bulletin KRASEC. Phys. & Math. Sci*, **10**:1 (2015), 59-65.
- [6] Филиппов А.Х., *Грозы Восточной Сибири*, Гидрометеиздат, Л, 1974, 75 с. [Filippov A. X., *Grozy Vostochnoy Sibiri*, Gidrometeoizdat, L, 1974, 75 pp.]
- [7] Нагорский П. М., Морозов В. Н., Смирнов С. В., Пустовалов К. Н., “Электродный слой в электрическом поле мощной конвективной облачности”, *Изв. ВУЗов. Радиофизика*, **56**:11 (2013), 853–863. [Nagorskiy P.M., Morozov V. N., Smirnov S. V., Pustovalov K. N., “Elektroodnyy sloy v elektricheskom pole moshchnoy konvektivnoy oblachnosti”, *Izv. VUZov. Radiofizika*, **56**:11 (2013), 853–863].

- [8] Пустовалов К.Н. Нагорский П.М., “Основные типы вариаций электрического поля при прохождении кучево-дождевых облаков различного генезиса”, *Оптика атмосферы и океана*, **29**:8 (2016), 647–653. [Pustovalov K.N. Nagorskiy P.M., “Osnovnye tipy variatsiy elektricheskogo polya pri prokhozhdenii kuchevo-dozhdevykh oblavok razlichnogo genezisa”, *Optika atmosfery i okeana*, **29**:8 (2016), 647–653].
- [9] Yakovleva V.S., Nagorskiy P.M., Cherepnev M.S., Kondratyeva A.G., Ryabkina K.S., “Effect of precipitation on the background levels of the atmospheric β - and γ - radiation”, *Applied Radiation and Isotopes*, **118** (2016), 190–195.

Список литературы (ГОСТ)

- [1] Чижевский А.Л. Аэроионификация в народном хозяйстве. Изд. Госпланиздат. 1960. 759 с.
- [2] Материалы I Международной научной конференции, посвященной сохранению творческого наследия и развитию идей А.Л. Чижевского. Калуга: Политоп, 2017. 179 с.
- [3] Nagorskiy P.M. Zenchenko T.A., Breus T.K., Smirnov S.V. Variations of magnetic and electrostatic atmospheric parameters and dynamics of the heart rate in mHz range // 40th COSPAR Scientific Assembly. Space Climate (D2.2). 2014. Moscow. Russia.
- [4] Nagorskiy P.M., Yakovleva V.S., Makarov E.O., Firstov P.P., Kondratyeva A.G., Stepanenko A.A. Radioactive γ/β tracer to explore dangerous technogenic phenomena // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 135 (2016) 012031 doi:10.1088/1757-899X/135/1/012031.
- [5] Яковлева В.С., Каратаев В.Д., Вуколов А.В., Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Нагорский П.М., Развитие технологии радиационного мониторинга в городской среде // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2015. №1(10), С. 65–71.
- [6] Филиппов А.Х. Грозы Восточной Сибири. Л: Гидрометеиздат, 1974. 75 с.
- [7] Нагорский П.М. Морозов В.Н., Смирнов С.В., Пустовалов К.Н. Электродный слой в электрическом поле мощной конвективной облачности // Изв. ВУЗов. Радиофизика. 2013. Т. 56, № 11. С. 853–863.
- [8] Пустовалов К.Н. Нагорский П.М. Основные типы вариаций электрического поля при прохождении кучево-дождевых облаков различного генезиса // Оптика атмосферы и океана. 2016. Т. 29, № 8. С. 647–653.
- [9] Yakovleva V.S., Nagorskiy P.M., Cherepnev M.S., Kondratyeva A.G., Ryabkina K.S. Effect of precipitation on the background levels of the atmospheric β - and γ - radiation // Applied Radiation and Isotopes. V. 118 (2016). P. 190–195.

Для цитирования: Нагорский П. М., Зенченко Т. А., Пустовалов К. Н., Черепнев М. С., Яковлев Г. А., Яковлева В. С. Влияние города (техносферы) на вариации электрофизических и радиационных величин // *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*. 2017. № 4(20). С. 64-75. DOI: 10.18454/2079-6641-2017-20-4-64-75

For citation: Nagorskiy P. M., Zenchenko T. A., Pustovalov K. N., Cherepnev M. S., Yakovlev G. A., Yakovleva V. S. The influence of urban area (technosphere) on variations of electrophysical and radiation quantities, *Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki*. 2017, **20**: 4, 64-75. DOI: 10.18454/2079-6641-2017-20-4-64-75

Поступила в редакцию / Original article submitted: 08.11.2017

DOI: 10.18454/2079-6641-2017-20-4-64-75

MSC 78A10

THE INFLUENCE OF URBAN AREA (TECHNOSPHERE) ON VARIATIONS OF ELECTROPHYSICAL AND RADIATION QUANTITIES

**P. M. Nagorskiy¹, T. A. Zenchenko^{2,3}, K. N. Pustovalov¹,
M. S. Cherepnev⁴, G. A. Yakovlev⁵, V. S. Yakovleva⁴**

¹ Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia,

² Space Research Institute RAS, Pushchino, Russia,

³ Institute for Theoretical and Experimental Biophysics RAS, Moscow, Russian,

⁴ National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia,

⁵ Lyceum at Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

E-mail: npm_sta@mail.ru, vsyakovleva@tpu.ru

The detail analysis of results of simultaneous monitoring of the same electrophysical, meteorological and radiation quantities inside and outside of buildings with the aim of revealing of technosphere influence on behavior of these quantities is presented. It was obtained that all controlled quantities could be divided into three groups for which: 1) presence of building does not change spectral and temporal variation pattern of quantity (magnetic field, atmospheric pressure); 2) presence of building partially changes spectral and temporal variation pattern of quantity (γ -background, temperature); 3) presence of building fully changes spectral and temporal variation pattern (relative air humidity, characteristics of turbulence and wind, electric field intensity, the number of light ions of both sighs, α - and β -background). It is necessary to take into account obtained results when investigate the influence of heliophysical parameters and radioactivity on biological objects and systems.

Key words: electrophysics of ground atmosphere, ionizing radiation, biological object, atmosphere, technosphere.

© Nagorskiy P. M., et al., 2017