

Корреляция радона и аэроионов в закрытом объеме в г. Петропавловск-Камчатский

Першин С.М.¹, Гордеев Е.И.², Акбашев Р.Р.³, Макаров Е.О.³, Безруков Л.Б.⁴, Завозин В.А.¹, Макаров В.С.³, Межох А.К.⁴, Ингерман С.В.⁴, Синева В.С.⁴, Агафонова Н.Ю.⁴, Гришин М.Я.¹, Болдин Г.А.¹, Глухов В.Е.³

Radon & aero ions correlation inside the close volume in Petropavlovsk-Kamchatsky
Pershin S.M., Gordeev E.I., Akbashev R.R., Makarov E.O., Bezrukov L.B., Zavozin V.A., Makarov V.S., Mezkhokh A.K., Ingerman S.V., Sineva V.S., Agafonova N.Yu., Grishin M.Ya., Boldin G.A., Glukhov V.E.

¹ Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН (ИОФ РАН), г. Москва

² Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (ИВиС ДВО РАН), г. Петропавловск-Камчатский

³ Камчатский филиал Федерального исследовательского центра Единая геофизическая служба РАН (КФ ФИЦ ЕГС РАН), г. Петропавловск-Камчатский;

e-mail: arr@emsd.ru

⁴ Институт ядерных исследований РАН (ИЯИ РАН), г. Москва

⁵ Институт космических исследований РАН (ИКИ РАН), г. Москва

В работе представлены первые данные о регистрации вариаций аэроионов обоих знаков и радона в закрытом объеме на стационарной сейсмической станции «Петропавловск». Наблюдается корреляция вариаций объемной активности радона с концентрацией аэроионов, индуцируемых α -частицами распада радона (^{222}Rn).

Введение

В приземном слое атмосферы аэроионы генерируются, в основном, в результате ионизации от галактических γ -квантов и других частиц космических лучей [9]. Известно [1-3, 7], что мониторинг динамики вариаций концентрации аэроионов впервые в закрытом объеме выявил корреляцию роста сигнала отрицательных ионов при постоянной концентрации положительных ионов в момент землетрясений и автошоков. Принято считать, что основным источником заряженных аэроионов является радиоактивный радон, альфа-частица которого генерирует $4 \cdot 10^5$ аэроионов обоих знаков заряда [7]. Несомненно, этот фактор усиления сигнала выхода радона является определяющим для повышения отношения сигнал/шум в поиске предвестников масштабных геотектонических процессов, таких как землетрясения [5, 6, 8].

Метод исследования

В здании Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (ИВиС) в г. Петропавловск-Камчатский (53.07° с.ш., 158.61° в.д.) и на стационарной сейсмической станции «Петропавловск» были размещены автономные станции для дистанционного мониторинга концентрации аэроионов. Автономная станция состоит из модернизированного счетчика аэроионов «Сапфир-3М» (рис. 1), источника бесперебойного питания, микрокомпьютера с доступом в сеть Интернет. С целью анализа возможностей метода оба датчика аэроионов были предварительно размещены в пунктах сети наблюдений объемной активности радона [5], где для регистрации применялись радиометры: в здании ИВиС датчик ВМС-2 (Algade Barasol) и в с/с «Петропавловск» датчик Radex MR107+ (ООО Кварта-рад). За двое суток наблюдений датчики показали совпадающие в пределах 5-7 % вариации концентраций аэроионов. Затем датчик аэроионов «Сапфир-3М», датчик радона Radex были установлены в изолированном и необитаемом помещении на «Стационарной сейсмической станции Петропавловск», удаленной от ИВиС на расстояние 5.6 км.



Рис. 1. а – пункт наблюдений в здании ИВиС («Сапфир-3м», датчик радона VMS-2; б – пункт наблюдений в здании «Стационарная сейсмическая станция Петропавловск» («Сапфир-3м», датчик радона Radex).

Результаты исследований и их обсуждение

Полученные на «Стационарной сейсмической станции Петропавловск» предварительные результаты (рис. 2) подтверждают предположение об основном источнике заряженных аэроионов – радон. Из рис. 2 видно, что между кривыми концентрации аэроионов и вариаций объемной активности радона наблюдается хорошая корреляция. При этом, короткопериодные всплески концентрации радона, которые могут быть связаны с особенностями метода регистрации, не оказывают влияния на аэроионы, что уменьшает соотношение сигнал/шум для последних. Можно предположить, что в дальнейшем в данных вариаций аэроионов возможно будет более явно и обоснованно, чем в данных радонового мониторинга, выделять аномалии, связанные с подготовкой сильных сейсмических событий.

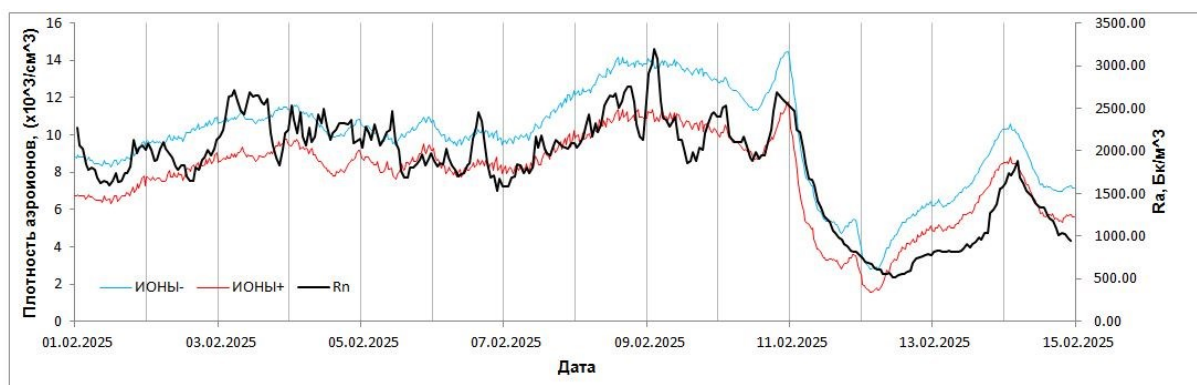


Рис. 2. Первые результаты регистрации вариаций аэроионов в пункте наблюдений с/с «Петропавловск».

Отметим, что концентрация отрицательных ионов на рис. 2 превышает таковую положительных ионов на 25%. При этом, в подземной лаборатории в г. Москва на территории МГУ соотношение ионов инвертировано [4].

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках государственного задания №075-00604-25).

Список литературы

1. Безруков Л.Б., Громцева А.Ф., Заварзина В.П. и др. Наблюдение избытка положительных аэроионов в подземных полостях // Геомагнетизм и аэрномия. 2022. Т. 62. № 6. С. 755-768. <https://doi.org/10.1134/S0016793222060020>
2. Безруков Л.Б., Заварзина В.П., Карпиков И.С. и др. Интерпретация результатов измерения разности потенциалов в озере Байкал // Геомагнетизм и аэрномия. 2019. Т. 59. № 5. С. 666-670.
3. Безруков Л.Б., Заварзина В.П., Курлович А.С. и др. Об отрицательно заряженном слое электрического поля Земли // Доклады Академии наук. 2018. Т. 480. № 2. С. 155-157.
4. Першин С.М., Завозин В.А., Леднев В.И. и др. Лидарный мониторинг динамики аэрозолей, индуцированный аэроионами // Краткие сообщения по физике. 2023. № 12. С. 69-78.
5. Фирстов П.П., Макаров Е.О. Динамика подпочвенного радона на Камчатке и сильные землетрясения. Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. Витуса Беринга, 2018. 148 с.
6. Adil M.A., Şentürk E., Pulinets S.A., Amory-Mazaudier C. A lithosphere-atmosphere-ionosphere coupling phenomenon observed before M 7.7 Jamaica earthquake // Pure and Applied Geophysics. 2021. V. 178(10). P. 3869-3886. <https://doi.org/10.1007/s00024-021-02867-z>
7. Bezrukov L.B., Karpikov I.S., Kazalov V.V. et al. Study of the delayed pumping effect in an underground laboratory by correlation analysis of radon and air ion concentrations // Geomagnetism and Aeronomy. 2024. V. 64. P. 102-111. <https://doi.org/10.1134/S0016793223600765>
8. Melnik O., Lyakhovsky N., Shapiro N.M. et al. Deep long period volcanic earthquakes generated by degassing of volatile-rich basaltic magmas // Nature Communications. 2020. V. 11. Art. 3918. <https://www.nature.com/articles/s41467-020-17759-4>
9. Warden Sh., Bleier T., Kappler K. Long term air ion monitoring in search of pre-earthquake signals // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 2019. V. 186. P. 47-60.