

Результаты измерений характеристик ионизации приземного слоя и содержания радона-222 в почве и атмосфере на берегу озера Байкал

ПАНЧИШКИНА И. Н., ПЕТРОВА Г. Г., БУРАЕВА Е. А., ПЕТРОВ А. И., ЕГОРОВ Е. В.,
ПЕТРОВ Н. А., МАСЛОВ С. А.

Южный федеральный университет г. Ростов-на-Дону, Россия
email: georgpu@rambler.ru

При описании электрической структуры приземного слоя необходимо учитывать множество факторов, оказывающих влияние на распределение по высоте атмосферно-электрических характеристик. К таким факторам относятся изменение интенсивности ионообразования с высотой, наличие в воздухе аэрозолей субмикронного диапазона, интенсивность турбулентного перемешивания атмосферы.

Считается, что ионизацию атмосферы вблизи земной поверхности определяют космическое излучение и радиоактивные вещества, содержащиеся в земной коре и в воздухе. Интенсивность ионообразования в нижних слоях атмосферы за счет космического излучения постоянна по высоте и составляет 2 п.и. в см³ за секунду. Содержание радиоактивных веществ в воздухе связано с интенсивностью поступления их из почвы и скоростью рассеивания в атмосфере. Интенсивность выделения из почвы радиоактивных веществ зависит от ее пористости, температуры и влажности, характера покрова ее поверхности и т.д. Значительная часть естественной α -радиоактивности вблизи земной поверхности обусловлена попаданием в атмосферу радона, среди которых изотопу ${}_{86}\text{Rn}^{222}$ принадлежит значительная роль в ионизации нижних слоев атмосферы, поскольку его период полураспада составляет 3,8 суток, что существенно больше периодов полураспада других изотопов радона. Радон-222 и продукты его распада обнаруживаются в слое перемешивания на высоте нескольких километров, и их концентрация медленно уменьшается с высотой, в то время как торон ${}_{86}\text{Rn}^{220}$ (период полураспада около 54 секунд) исчезает уже вблизи земной поверхности. Количество актинона ${}_{86}\text{Rn}^{219}$ (период полураспада 4 секунды) в воздухе пренебрежимо мало. Разные почвы содержат то или иное количество радиоактивных веществ, их повышенное содержание определяется наличием радоногенерирующих объектов и разломов в недрах пункта наблюдений. При значительном эманировании почвы в слое атмосферы, прилегающем к земной поверхности наблюдается интенсивное ионообразование, причем по мере приближения к земной поверхности скорость ионизации возрастает.

В результате многолетних экспедиционных исследований электрического состояния приземного слоя в нескольких пунктах Ростовской области и в Прибайкалье (пос. Большие Коты) накоплен большой объем данных измерений атмосферно-электрических характеристик атмосферы. Измерительный комплекс [1] позволяет также регистрировать значения метеоэлементов в слое 0,5-2 м, необходимых для расчета параметра стратификации и коэффициента турбулентности по методу Л.Р.Орленко [2].

Как показывают исследования [3-5], на электрическое состояние приземного слоя существенное влияние оказывает изменение его термической и динамической устойчивости, поэтому при анализе экспериментальный материал был систематизирован с учетом стратификации атмосферы. На рисунке 1 приведены типичные профили вертикального распределения полярных удельных электропроводностей в пунктах Ростовской области для случаев устойчивой и неустойчивой стратификации приземного слоя атмосферы. При устойчивой стратификации вблизи земли образуются большие градиенты концентрации радона-222, следствием чего является изменение с высотой интенсивности ионообразования. В результате удельные электропроводности обоих знаков в пределах нижних трёх метров могут уменьшаться с высотой более чем в 2 раза.

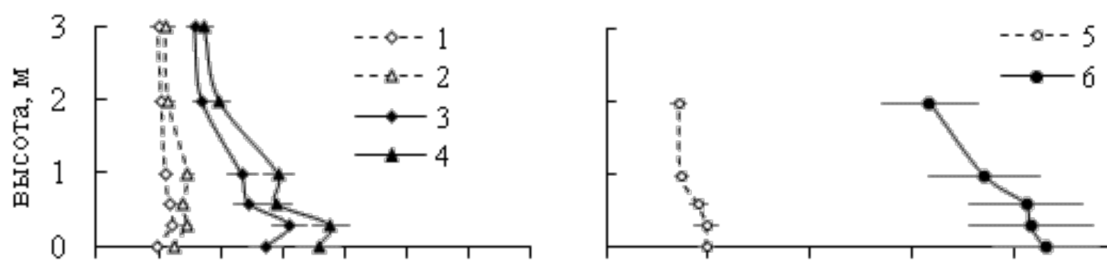


Рис. 1. Вертикальные профили отрицательной (кривые 1,3) и положительной (кривые 2,4) удельных электропроводностей воздуха и объемной активности радона-222 (кривые 5,6) в пунктах Ростовской области при неустойчивой (пунктирные линии) и устойчивой (сплошные линии) стратификации атмосферы.

Следует отметить, что при измерениях на окраине города Ростов-на-Дону, крупного промышленного центра с высоким содержанием антропогенного аэрозоля, получены сравнительно низкие значения полярных электропроводностей. Очевидно, что значения полярных электропроводностей уменьшаются при увеличении содержания аэрозолей в атмосфере: по данным наблюдений в летние месяцы в Ростове-на-Дону они в 2-3 раза ниже, чем в сельских пунктах. Однако и в этом пункте наблюдений обнаруживается заметный градиент электропроводности и объемной активности радона и вблизи земной поверхности, что указывает на значительное эманирование почвы.

Полученные ранее по результатам экспедиционных измерений 1990 – 1991 гг. в Прибайкалье (пос. Большие Коты) средние за период наблюдений профили полярных удельных электропроводностей воздуха в слое 0 - 5 метров не обнаруживают заметного увеличения значений электропроводности по мере приближения к земной поверхности (рис.1). Это обстоятельство указывает на слабое эманирование почвы, обусловленное либо низким содержанием эманацій в почвенном газе, либо плохими условиями их выхода в атмосферу. Экспедиционный измерительный комплекс того времени не включал в себя приборов для получения данных о характеристиках радиоактивности почв и атмосферы, поэтому дать оценку источников ионизации в пункте наблюдений не было возможности.

В июне 2015 года в пос. Большие Коты на измерительной площадке предыдущих экспедиций измерена объемная активность радона-222 в почвенном газе. Оказалось, что объемная активность радона-222 в почве на глубине 10 см на измерительной площадке составляет порядка 5000 Бк/м³, а на такой же глубине вблизи береговой линии - более 40 000 Бк/м³, в то время как в воздухе его концентрация невелика. По-видимому, близость грунтовых вод и состояние верхнего слоя почвы определяют слабое поступление радона-222 в атмосферу при высоком содержании его в грунте.

На диаграмме 1 (рис.2) показаны полученные значения объемной активности радона-222 в пос. Б.Коты (Прибайкалье) на глубинах: 0,1 м, 0,6 м, 0,9 м. Для сравнения приведены данные для пунктов Ростовской области (диаграммы 1-4). Содержание радона-222 в почвенном газе в пос. Б.Коты существенно превышает таковое для пунктов Ростовской области.

Серия параллельных измерений полярных концентраций легких ионов (счетчик ионов “Сапфир-3К”) и содержания радона-222 в атмосфере (радон-монитор “AlphaGUARD PQ2000 PRO”) показала, что при сравнительно низких значениях объемной активности радона-222 в атмосфере, полярные концентрации легких ионов достаточно высоки. Этот факт можно объяснить малым содержанием в воздухе аэрозоля или наличием других источников ионообразования. В таблице 1 приводится описательная статистика массивов данных, полученных в июне 2015 года.

Таблица 1. Объемная активность радона-222 и концентрации положительных (n_+) и

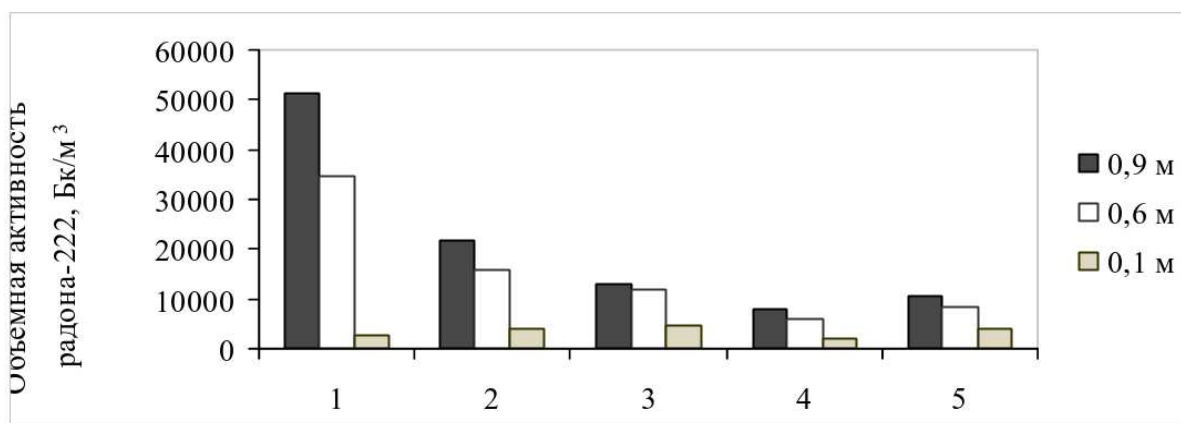


Рис. 2. Объемная активность радона-222 в почвенном газе в летние месяцы в пунктах наблюдений: 1 - пос. Б.Коты (Прибайкалье), 2 – пос. Орловский, 3 – х. Талловеров, 4 – х. Федоровка, 5 - г. Росто-на-Дону.

отрицательных (n_-) легких ионов в атмосфере на высоте 1 м.

пос.Большие Коты, июнь 2015 г.

	<i>Rn-222</i> , Бк/м ³	n_+ , см ⁻³	n_- , см ⁻³
Среднее значение	18	631	417
Стандартная ошибка	0,8	27	26
Стандартное отклонение	11	148	142
Экспесс	0,8	-0,3	-1,0
Асимметричность	0,9	0,1	0,1
Количество серий измерений	224	30	30

Для сравнения ионизирующей способности земной поверхности в Ростовской области и Прибайкалье в десяти точках пос. Большие Коты были взяты пробы почв на содержание радионуклидов (таблица 2.). Удельную активность радионуклидов в почвах определяли гамма-спектрометрическим методом радионуклидного анализа.

Таблица 2. Удельная активность радионуклидов (Бк/кг) в верхнем слое почвы

	¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	количество проб
пос. Большие Коты, июнь 2015 г.	8,5	29,4	29,5	561,3	10
Ростовская область 2003 – 2013 гг.	20,5	24,3	28,5	430,8	133

Можно отметить, что средние значения удельной активности радионуклидов естественного происхождения в почве пос. Большие Коты и Ростовской области близки и находятся в пределах фоновых среднемировых значений. Содержание техногенного цезия-137 значительно ниже принятых ПДК для почв.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-05-00930 - А.

Литература

1. Петров А.И., Петрова Г.Г., Панчишкина И.Н., Кудринская Т.В., Петров Н.А. Измерительный комплекс для исследования электричества приземного слоя атмосферы. // Известия высших учебных заведений, Сев.- Кав. рег., Естест. науки, №3 2010, стр. 47-52
2. Орленко Л. Р. Строение планетарного пограничного слоя атмосферы. Л.: Гидрометеоздат, 1979, 270 с.
3. Petrov A.I., Petrova G.G., and Panchishkina I.N. On factors determining the variations of the electric characteristics of a surface layer // Proc.11th Int. Conf. Atm. Electricity. Alabama. USA. 1999. Pp.547-550.
4. Petrov A.I., Petrova G.G., Panchishkina I.N. Profiles of polar conductivities and of radon-222 concentration in the atmosphere by stable and labile stratification of surface layer // Atmospheric Research. 91 (2009). Pp.206-214.
5. Петрова Г.Г., Петров А.И., Панчишкина И.Н. Процессы формирования электрической структуры нижних слоев атмосферы: экспериментальные исследования и обобщение данных. // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. Н.Новгород. Т.56, № 11-12. 2013. С.803-819.