

ПРИЗЕМНЫЙ РАДОН КАК КАТАЛИЗАТОР ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В ТБИЛИСИ ВТОРИЧНЫМИ АЭРОЗОЛЯМИ

Амиранашвили А.Г., Блиадзе Т.Г., Киркитадзе Д.Д., Никофоров Г.В.,
Нодиа А.Г., Чаикветадзе А.Ш., Чихладзе В.А.

Институт геофизики им. М.Нодиа, E-mail: avto_amiranashvili@hotmail.com

Введение

Радон постоянно поступает в атмосферу из земных пород: радон - при делении ядер урана-238, а торон – при делении ядер тория - 232 . Пород, содержащих уран и торий, в земной коре довольно много (например, граниты, фосфориты). Поэтому убыль радона постоянно компенсируется и в атмосфере существует его некая равновесная концентрация. Радон растворяется в подземных водах и вместе с ними также может выходить на земную поверхность. Кроме этого, мощным источником поступления радона в атмосферу являются энергетические предприятия, работающие на органическом топливе - угле, сланце, нефти.

Все изотопы радона радиоактивны и довольно быстро распадаются: самый устойчивый изотоп: радон-222 (радон) имеет период полураспада 3.8 суток, второй по устойчивости: радон - 220 (торон) – 55.6 секунды. Распадаясь, радон выделяет тяжелые альфа-частицы, которые, попадая в организм человека, способны нанести его здоровью непоправимый вред. Кроме этого, распад радона сопровождается образованием радиоактивных изотопов свинца, висмута и полония. Продукты распада радона — твердые частицы (аэрозоли) настолько мелкие, что они могут очень долго находиться во взвешенном состоянии в воздухе, вместе с ним попадая в легкие [12,14].

Четыре-пять десятилетий назад считалось, что радон в атмосфере не представляет опасности для здоровья человека ввиду малых его концентраций. Радон и короткоживущие продукты его распада нашли широкое применение в качестве пассивных трассеров для изучения различных физических процессов, протекающих в облаках и атмосфере (турбулентное перемешивание, процессы коагуляции облачных частиц и капель осадков с аэрозолями, ионизация в различных слоях атмосферы и др.) [10, 12-14]. В ряде работ были сделаны попытки использования радона (и его производной – электропроводности воздуха) как предвестника землетрясений [6].

С гигиенической точки зрения считалось, что для здоровья человека опасен лишь радон, находящийся в карстовых пещерах, шахтах, подземных выработках, метрополитене и др. [2,7,11,12]. Однако два-три десятилетия назад обнаружилось, что весьма опасен так называемый жилищный радон – высокие концентрации радона, находящегося в жилых помещениях, а также в питьевой воде (водопровод, колодцы и др.). В связи с указанным началось массовое картирование (в том числе и в Грузии) уровней содержания радона в домах, почве, питьевой воде [3-5,15].

Что касается радона в приземной атмосфере, то он до сих пор считается не опасным для человека. Однако в работе [8] было показано, что в городе Тромбей (Индия, промышленный пригород Мумбаи, (18.97° с. ш., 72.83° в. д., высота 7 м над ур. моря), приземный радон активно усиливает процессы образования ядер Айткена в атмосфере. Иными словами, радон является катализатором процессов образования вторичных аэрозолей по схеме газ—частица: важнейшей составляющих смога (как фотохимического, так и обычного). Эта работа не обратила на себя большого внимания. Позже нашими исследованиями, на основании незначительного количества экспериментальных данных, были подтверждены полученные в [8] результаты [1,9].



С 2009 года в рамках гранта GNSF/ST08/5-437 мы получили возможность провести детальные исследования содержания в приземном слое воздуха радона и субмикронных аэрозолей в Тбилиси в комплексе с другими факторами, влияющими на образование смога.

В данной работе приведен анализ данных ежедневных наблюдений (включая выходные дни) концентрации в приземной атмосфере радона (q) и субмикронных аэрозолей (N) в период с 1 июня 2009 по 31 мая 2010 гг. На данном этапе исследований анализ данных проведен без учета погодных условий.

Методика исследования

Содержание общего количества субмикронных аэрозолей диаметром ≥ 0.1 мкм измерялось с использованием прибора ФАН, работающего в счетном режиме, 4 раза в день, в 9, 12, 15 и 18 час (в зимнее время – в 17 час). Время измерения составляло 1 мин.

Для измерения активности короткоживущих продуктов радона воздух прокачивался через фильтр типа АФА-РМП-20 с помощью воздуходувки производительностью в нагруженном режиме $0.1 \text{ м}^3/\text{мин}$. Коэффициент фильтрации был близок к 1. Воздух фильтровался в течение 5 мин. После окончания отбора пробы фильтр устанавливался для счета α – радиоактивности на детектор БДЗА. Счет импульсов осуществлялся с помощью счетчиков типа МЭС-54 в течение 9 мин. Расчет содержания радона проводился в предположении радиоактивного равновесия между ним и продуктами его распада. Общая погрешность определения радиоактивности воздуха не превышала 20%.

Указанные измерения проводились на высоте 3 этажа термобарокамеры (8 метров над уровнем почвы, $41.754^\circ \text{ с.ш.}$, $44.927^\circ \text{ в.д.}$, высота 450 м над ур. моря).

Результаты

1. Статистические характеристики концентрации радона и субмикронных аэрозолей в приземном слое воздуха Тбилиси

Данные о статистических характеристиках концентрации радона и субмикронных аэрозолей представлены в таблицах 1,2.

В таблице 1 приведены статистические характеристики концентрации радона и субмикронных аэрозолей в Тбилиси с 1.06.2009 по 31.05.2010 для трех периодов года – год, холодное (октябрь-март) и теплое (апрель-сентябрь) полугодия.

Годовые данные. *Радон*. Средняя концентрация радона менялась от 3.1 Бк/м^3 в 15 час, до 4.8 Бк/м^3 в 9 час, при среднем значении 3.7 Бк/м^3 ; минимальное значение q составляло 0.4 Бк/м^3 , максимальное – 17.8 Бк/м^3 ; вариационный размах менялся от 10.5 Бк/м^3 в 15 час до 17.3 Бк/м^3 в 9 час при средненежном значении 12.4 Бк/м^3 ; медианное значение q менялось от 2.7 Бк/м^3 в 15 час до 4.2 Бк/м^3 в 9 час при средненежном значении 3.2 Бк/м^3 ; стандартное отклонение – от 1.65 Бк/м^3 в 15 час до 3.08 Бк/м^3 в 9 час при средненежном значении 2.00 Бк/м^3 ; коэффициент вариации – от 52.7 % в 17-18 час до 64.4 % в 9 час при средненежном значении 54.6 %. Максимум q наблюдался в 9 часов.

Годовые данные. *Субмикронные аэрозоли*. Средняя концентрация субмикронных аэрозолей менялась от 1571 см^3 в 15 час, до 2051 см^3 в 9 час, при среднем значении 1778 см^3 ; минимальное значение N составляло 140 см^3 , максимальное 11608 см^3 ; вариационный размах менялся от 10378 см^3 в 9 час до 11468 см^3 в 15 час при средненежном значении 9803 см^3 ; медианное значение менялось от 1030 см^3 в 15 час до 1362 см^3 в 9 час при средненежном значении 1230 см^3 ; стандартное отклонение – от 1509 см^3 в 15 час до 1978 см^3 в 9 час при средненежном значении 1515 см^3 ; коэффициент вариации – от 92 % в 12 час до 98 % в 17-18 час при средненежном значении 85 %. Максимум N наблюдался в 15 часов.

Холодный период. *Радон*. Средняя концентрация радона менялась от 3.9 Бк/м^3 в 15 и 17-17 час, до 6.1 Бк/м^3 в 9 час, при среднем значении 4.7 Бк/м^3 ; минимальное значение q составляло 0.6 Бк/м^3 , максимальное – 17.8 Бк/м^3 ; вариационный размах менялся от 10.5 Бк/м^3 в 15 час до 17.2 Бк/м^3 в 9 час при средненежном значении 12.4 Бк/м^3 ; медианное значение q менялось от 3.7 Бк/м^3 в 15 и 17-18 час до 5.5 Бк/м^3 в 9 час при средненежном значении 4.4 Бк/м^3 ; стандартное отклонение – 1.87 Бк/м^3 в 15 час до 3.56 Бк/м^3 в 9 час при средненежном значении 2.27

Бк/м³; коэффициент вариации – от 47.9 % в 15 час до 58.3 % в 9 час при средненедельном значении 48.8 %. Максимум q наблюдался в 9 часов.

Таблица 1

Статистические характеристики концентрации радона и субмикронных аэрозолей
в Тбилиси 06.2009-05.2010

Парам.	Радон, годовые данные, Бк/м ³					Аэрозоли, годовые данные, см ³				
	9	12	15	17-18	Сред.	9	12	15	17-18	Сред.
Среднее	4.8	3.7	3.1	3.2	3.7	2051	1798	1571	1704	1778
Мин	0.4	0.4	0.7	0.6	0.7	110	145	140	147	223
Макс	17.8	14.3	11.2	12.2	13.1	10488	11440	11608	11528	10026
Вар. размах	17.3	13.9	10.5	11.6	12.4	10378	11295	11468	11380	9803
Медиана	4.2	3.0	2.7	2.8	3.2	1362	1293	1030	1129	1230
Мода	4.4	1.9	2.0	2.2	2.6	419	1127	472	667	570
Ст. откл.	3.08	2.27	1.65	1.67	2.00	1978	1650	1509	1662	1515
Ст. ошиб.	0.16	0.12	0.09	0.09	0.11	105	88	80	88	80
Козфф. вар. (%)	64.4	61.7	53.7	52.7	54.6	96	92	96	98	85
Число случ.	357	356	357	356	359	358	356	357	356	359
Довер. инт. 95%(+/-)	0.32	0.24	0.17	0.17	0.21	205	172	157	173	157
	Холодное полугодие					Холодное полугодие				
Среднее	6.1	4.8	3.9	3.9	4.7	2865	2375	2129	2329	2423
Мин	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7	216	145	209	147	286
Макс	17.8	14.3	11.2	12.2	13.1	10488	11440	11608	11528	10026
Вар. размах	17.2	13.7	10.5	11.6	12.4	10272	11295	11399	11380	9739
Медиана	5.5	4.5	3.7	3.7	4.4	2331	1826	1645	1674	2001
Мода	4.4	3.5	5.4	5.0	5.3	265	1826	472	2394	-
Ст. откл.	3.56	2.56	1.87	1.95	2.27	2351	1893	1783	1933	1734
Ст. ошиб.	0.27	0.19	0.14	0.15	0.17	177	142	135	146	130
Козфф. вар. (%)	58.3	53.7	47.9	50.1	48.8	82	80	84	83	72
Число случ.	177	178	176	176	178	178	178	176	176	178
Довер. инт. 95%(+/-)	0.53	0.38	0.28	0.29	0.33	346	279	264	286	255
	Теплое полугодие					Теплое полугодие				
Среднее	3.5	2.6	2.3	2.5	2.7	1246	1220	1028	1092	1144
Мин	0.4	0.4	0.9	1.0	0.8	110	216	140	147	223
Макс	8.0	6.4	5.2	5.9	5.9	6829	8096	6300	6470	6923
Вар. размах	7.5	6.0	4.3	4.9	5.1	6718	7880	6159	6323	6700
Медиана	3.2	2.4	2.2	2.4	2.6	938	992	743	802	945
Мода	2.5	1.9	2.0	2.2	2.6	419	329	881	345	1203
Ст. откл.	1.69	1.17	0.84	0.88	0.98	1014	1099	900	1031	889
Ст. ошиб.	0.13	0.09	0.06	0.07	0.07	76	83	67	77	66
Козфф. вар. (%)	48.8	45.1	36.9	35.7	36.6	81	90	88	94	78
Число случ.	180	178	181	180	181	180	178	181	180	181
Довер. инт. 95%(+/-)	0.25	0.17	0.12	0.13	0.14	149	162	132	151	130

Холодный период. Субмикронные аэрозоли. Средняя концентрация субмикронных аэрозолей менялась от 2129 см⁻³ в 15 час, до 2865 см⁻³ в 9 час, при среднем значении 2423 см⁻³; минимальное значение N составляло 145 см⁻³, максимальное - 11608 см⁻³; вариационный размах менялся от 10272 см⁻³ в 9 час до 11399 см⁻³ в 15 час при средненедельном значении 9739 см⁻³; медианное значение менялось от 1645 см⁻³ в 15 час до 2331 см⁻³ в 9 час при средненедельном значении 2001 см⁻³; стандартное отклонение – от 1783 см⁻³ в 15 час до 2351 см⁻³ в 9 час при

среднедневном значении 1734 см⁻³; коэффициент вариации – от 80 % в 12 час до 84 % в 15 час при среднедневном значении 72 %. Максимум N наблюдался в 15 часов.

Теплый период. Радон. Средняя концентрация радона менялась от 2.3 Бк/м³ в 15 час, до 3.5 Бк/м³ в 9 час, при среднем значении 2.7 Бк/м³; минимальное значение q составляло 0.4 Бк/м³, максимальное - 8.0 Бк/м³; вариационный размах менялся от 4.3 Бк/м³ в 15 час до 7.5 Бк/м³ в 9 час при среднедневном значении 5.1 Бк/м³; медианное значение q менялось от 2.2 Бк/м³ в 15 час до 3.2 Бк/м³ в 9 час при среднедневном значении 2.6 Бк/м³; стандартное отклонение – от 0.84 Бк/м³ в 15 час до 1.69 Бк/м³ в 9 час при среднедневном значении 0.98 Бк/м³; коэффициент вариации – от 35.7 % в 17-18 час до 48.8 % в 9 час при среднедневном значении 36.6 %. Максимум q наблюдался в 9 часов.

Теплый период. Субмикронные аэрозоли. Средняя концентрация субмикронных аэрозолей менялась от 1028 см⁻³ в 15 час, до 1246 см⁻³ в 9 час, при среднем значении 1144 см⁻³; минимальное значение N составляло 110 см⁻³, максимальное - 8096 см⁻³; вариационный размах менялся от 6159 см⁻³ в 15 час до 7880 см⁻³ в 12 час при среднедневном значении 6700 см⁻³; медианное значение менялось от 743 см⁻³ в 15 час до 992 см⁻³ в 12 час при среднедневном значении 945 см⁻³; стандартное отклонение – от 900 см⁻³ в 15 час до 1099 см⁻³ в 12 час при среднедневном значении 889 см⁻³; коэффициент вариации – от 81 % в 9 час до 94 % в 17-18 час при среднедневном значении 78%. Максимум N наблюдался в 12 часов.

В таблице 2 представлены статистические характеристики месячных значений концентрации радона и субмикронных аэрозолей в Тбилиси.

Таблица 2

Статистические характеристики месячных значений среднедневных концентраций радона и субмикронных аэрозолей в Тбилиси 06.2009-05.2010

Парам.	Радон, Бк/м ³											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Среднее	5.4	4.0	2.8	2.4	2.2	2.8	2.8	2.6	3.3	5.7	4.4	5.7
Мин	0.7	1.2	0.7	1.3	1.2	0.8	1.2	1.1	1.5	2.8	1.2	1.3
Макс	10.4	7.6	6.0	3.7	3.6	5.2	4.6	4.3	5.9	8.4	11.1	13.1
Вар. размах	9.7	6.4	5.3	2.4	2.4	4.4	3.5	3.2	4.4	5.6	9.9	11.8
Медиана	5.5	3.8	2.7	2.2	2.2	2.6	2.9	2.5	3.4	6.2	4.2	5.8
Ст. откл.	2.41	1.75	1.27	0.62	0.67	1.10	0.97	1.00	1.09	1.59	2.30	2.55
Ст. ошиб.	0.46	0.34	0.23	0.12	0.12	0.20	0.18	0.18	0.20	0.29	0.43	0.47
Кэфф. вар. (%)	44.6	43.2	46.2	26.2	29.9	39.5	34.5	38.7	32.6	28.0	52.7	45.0
Число случ.	28	28	31	28	31	30	31	31	30	31	29	31
Довер. инт. 95%(+/-)	0.9	0.7	0.5	0.2	0.2	0.4	0.3	0.4	0.4	0.6	0.9	0.9
Парам.	Аэрозоли, см ³											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Среднее	2753	2996	2257	1150	1638	863	765	735	1723	2987	1385	2181
Мин	684	407	352	490	413	223	243	277	238	666	286	300
Макс	8772	7150	5185	3270	3883	1864	1632	1873	6923	10026	4363	5465
Вар. размах	8088	6743	4833	2780	3470	1642	1389	1596	6685	9359	4076	5165
Медиана	2131	3027	2106	1017	1324	856	672	615	1249	2232	1222	1691
Ст. откл.	1968	1788	1274	604	871	412	398	376	1512	2221	937	1460
Ст. ошиб.	379	344	233	116	159	77	73	69	281	405	177	267
Кэфф. вар. (%)	71	60	56	53	53	48	52	51	88	74	68	67
Число случ.	28	28	31	28	31	30	31	31	30	31	29	31
Довер. инт. 95%(+/-)	742	674	456	228	312	150	143	135	550	795	347	523

Месячные данные. *Радон*. Средняя концентрация радона менялась от 2.2 Бк/м³ в мае, до 5.4 Бк/м³ в январе; минимальное значение q составляло 0.7 Бк/м³, максимальное - 13.1 Бк/м³; вариационный размах менялся от 2.4 Бк/м³ в апреле и мае до 11.8 Бк/м³ в декабре; медианное значение q менялось от 2.2 Бк/м³ в апреле и мае до 5.8 Бк/м³ в декабре; стандартное отклонение - от 0.62 Бк/м³ в апреле до 2.55 Бк/м³ в декабре; коэффициент вариации - от 26.2 % в апреле до 52.7 % в ноябре. Максимум q наблюдался в декабре.

Месячные данные. *Субмикронные аэрозоли*. Средняя концентрация субмикронных аэрозолей менялась от 735 см³ в августе до 2996 см³ в феврале; минимальное значение N составляло 223 см³, максимальное - 10026 см³; вариационный размах менялся от 1389 см³ в июле до 8088 см³ в январе; медианное значение менялось от 615 см³ в августе до 3027 см³ в феврале; стандартное отклонение - от 376 см³ в августе до 1968 см³ в январе; коэффициент вариации - от 48 % в июне до 88 % в сентябре. Максимум N наблюдался в октябре.

Анализ данных, представленных в таблицах 1 и 2 показывает, что дневной ход концентрации радона и субмикронных аэрозолей сходен друг с другом - уменьшение концентраций с 9 до 15 час, и небольшой рост к 17-18 час. Вариации концентрации аэрозолей значительно выше вариаций концентрации радона. Внутригодовой ход месячных значений среднедневных концентраций радона и субмикронных аэрозолей также схож друг с другом.

Отметим, что внутригодовой ход месячных концентраций радона и субмикронных аэрозолей в Тбилиси аналогичен такому же ходу концентраций радона и ядер Айткена в городе Тромбей [8]. Для наглядности ход указанных параметров представлен на рис. 1.



Интересно отметить, что несмотря на разницу в методике измерения субмикронных аэрозолей и ядер Айткена, и, соответственно, разницу в их концентрациях почти в 1.5-2 порядка (размер ядер Айткена меньше размера субмикронных аэрозолей, измеряемых нами), налицо сходство их внутригодового хода.

2. Связь концентрации субмикронных аэрозолей с содержанием радона

Результаты анализа связи концентрации субмикронных аэрозолей с содержанием радона представлены в таблице 3.

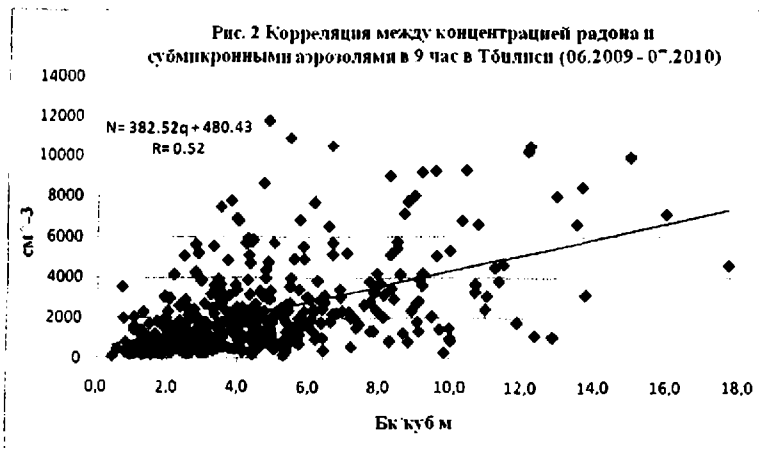
Таблица 3

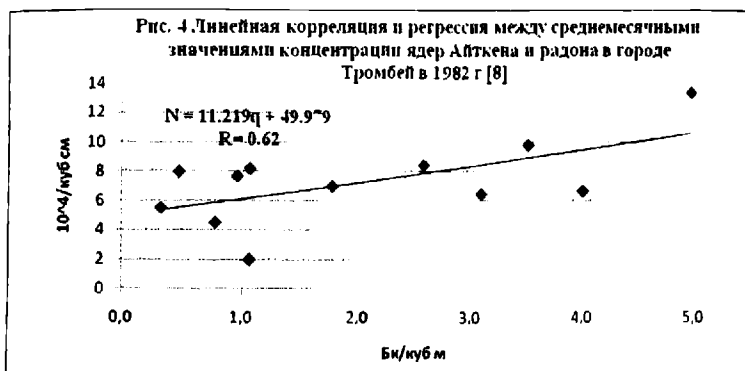
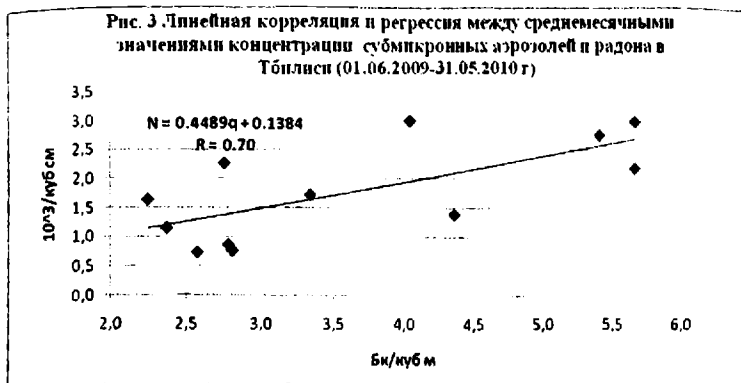
Линейное корреляционное соотношение (R) и коэффициенты уравнения регрессии между концентрацией субмикронных аэрозолей (N) и содержанием радона (q) в воздухе в Тбилиси ($N = a \cdot q + b$)

Время, час	9	12	15	17-18	Сред.
Годовые данные					
R	0.61	0.52	0.51	0.41	0.56
a	391.74	378.73	461.98	410.78	427.84
b	178.89	405.31	149.27	403.71	211.01
Холодное полугодие					
R	0.55	0.49	0.44	0.30	0.48
a	364.97	365.04	417.08	301.63	367.81
b	637.22	634.46	507.01	1155.5	711.92
Теплое полугодие					
R	0.40	0.19	0.25	0.29	0.33
a	238.54	179.99	266.45	337.85	297.41
b	419.7	754.94	420.68	262.86	343.95

Как следует из таблицы 3, между концентрациями радона и субмикронных аэрозолей отмечается устойчивая прямая корреляционная связь (все значения коэффициентов корреляции значимы). В утренние часы эта корреляционная связь выше, чем в дневные и вечерние. В холодное полугодие указанная корреляционная связь выше, чем в теплое, что, видимо, связано с более высокой относительной влажностью в холодный период года (предмет дальнейшего анализа).

На рис. 2 для примера представлен график корреляции и регрессии между N и q для данных в 9 час.





Наконец, на рис. 3 и 4 приведены графики линейной корреляции и регрессии среднемесячных значений содержания радона с концентрацией субмикронных аэрозолей и ядер Айткена соответственно в Тбилиси (рис. 3) и в городе Тромбей (рис. 4) [8]. Эти рисунки еще раз подтверждают устойчивость прямой корреляционной связи между концентрациями радона и аэрозолей, как субмикронного диапазона размеров, так и размеров ядер Айткена, вне зависимости от географического положения пунктов наблюдения, основным условием для которых является наличие газовых компонент (окислы азота, серы и др.), преобразующихся при химических и фотохимических реакциях во вторичные аэрозольные частицы. Радон же является катализатором этих процессов и в неважной форме – составляющей атмосферы, способствующей увеличению ее загрязненности аэрозолями (сульфаты, нитраты и др.).

Учитывая, что в жилых помещениях содержание радона зачастую значительно выше, чем в атмосфере, целесообразно в дальнейшем провести исследования роли радона в увеличении загрязненности этих помещений вторичными аэрозольными частицами, где обычно наличие аэрозолеобразующих газов мало отличается от их содержания вне помещений.

Заключение

Представлены некоторые предварительные результаты комплексного мониторинга концентрации радона q и субмикронных аэрозолей N в Тбилиси в период с июня 2009 по май 2010 г. Анализ проводился для данных за месяц, год, холодное и теплое полугодия без учета типов погоды.

Проведен статистический анализ данных о значениях q и N .

Изучены линейные корреляционные и регрессионные связи между значениями q и N . Показано, что между концентрацией радона и субмикронных аэрозолей наблюдается устойчивая прямая корреляционная связь. Эта связь аналогична связи между содержанием радона и концентрацией ядер Айткена в городе Тромбей (Индия), несмотря на разницу в размерах частиц, и соответственно их концентраций.

Полагается, что радон является катализатором химических и фотохимических процессов преобразования газовых компонентов атмосферы (окислы азота и серы и др.) во вторичные аэрозольные частицы (сульфаты, нитраты и др.) и в невяной форме – составляющей атмосферы, способствующей увеличению ее загрязненности аэрозолями.

Предлагается в дальнейшем провести исследования роли радона в увеличении загрязненности жилых помещений вторичными аэрозольными частицами, где содержание радона зачастую выше, чем в атмосфере, а наличие аэрозолеобразующих газов обычно мало отличается от их содержания вне помещений.

Полученные результаты являются предварительными и будут уточняться по мере накопления данных.

Работа выполнена при поддержке гранта GNSF/ST08/5-437.

Литература

1. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Gzirishvili T.G., Kharchilava J.F., Tavartkiladze K.A. – Modern Climate Change in Georgia. Radiatively Active Small Atmospheric Admixtures, Institute of Geophysics, Monograph, Trans. of M.Nodia Institute of Geophysics of Georgian Acad. of Sci. ISSN 1512-1135. Vol. LIX. 2005. 1-128.
2. Amiranashvili A., Bliadze T., Nodia A., Nikiforov G., Chelidze L., Chikhladze V., Khazaradze K., Khazaradze R. – Several researched results of radon concentrations in human environment, Proc. 1st Int. Conf. on Ecology and Environmental Management in Caucasus, Tbilisi, Georgia, October 6-7. 2001. PP. 61-62.
3. Amiranashvili A., Chelidze L., Gvinianidze K., Melikadze G., Todadze M., Trekov I., Tsereteli D. – Radon Distribution and Prevalence of Lung Cancer in Several Areas of West Georgia, Papers of the Int. Conference International Year of the Planet Earth "Climate, Natural Resources, Disasters in the South Caucasus", Trans. of the Institute of Hydrometeorology. Vol. No 115. ISSN 1512-0902. Tbilisi. 18 – 19 November. 2008. PP. 349 – 353 (in Russian).
4. Amiranashvili A., Chelidze T., Melikadze G., Trekov I., Todadze M. - Quantification of the radon distribution in various geographical areas of West Georgia, Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue A. Physics of Solid Earth. ISSN 1512-1127. Vol. 12A. 2008. PP. 65 – 69.
5. Amiranashvili A., Chelidze T., Melikadze G., Trekov I., Todadze M., Chankvetadze A., Chelidze L. - Preliminary Results of the Analysis of Radon Content in the Soil and Water in Different Regions of West Georgia, Proc. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135. Vol. 60. 2008. PP. 213 – 218 (in Russian).
6. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Gambashidze R.A., Khunjua A.T., Nodia A.G. – Preliminary Results of Investigations of Variations of Atmospheric Electric Parameter Peculiarities Over Tectonic Fractures and During Earthquakes, Proc. 12th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Versailles, France, 9-13 June. Vol.1. 2003. PP. 403-406.
7. Amiranashvili A., Lominadze G., Melikadze G., Tsikarishvili V., Chikhladze V. – Aero - Ionizing State and Radiological Situation in the Tskaltubo Cave, Proc. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135. Vol. 60. Tbilisi, 2008. PP. 206 – 212 (in Russian).
8. Muralledharan T.S., Subba Ramu M.S., Vohra K.G. – Experimental Studies of the Formation of Aitken Nuclei in the Atmosphere, Proc. 11th Int. Conf. on atmospheric aerosols, Condensation and Ice Nuclei, Budapest, Hungary, 3-8 September. Vol.1. 1984. PP. 52-57.
9. Амранашвили А.Г., Амранашвили В.А., Киркитадзе Д.Д., Чиабришвили Н.Г., Чочишвили К.М. - К вопросу об образованиях вторичных аэрозолей в атмосфере, Труды Института геофизики АН Грузии, ISSN 1512-1135. Том 58. 2004. С. 119-126.
10. Амранашвили А.Г., Гзиршвили Т.Г. - Аэрозоли и ледяные кристаллы в атмосфере, Тбилиси, Мединереба. 1991. 1-113.

11. Амиранашвили А., Джишкариани Д., Нодия А., Таташидзе З., Сепиашвили Р. – Содержание аэроионов и естественная радиоактивность воздуха в Цхалтубской пещере, АН Грузии, Тбилиси. 1994. 1-53.
12. Сердюкова А.С., Капитанов Ю.Т. – Изотопы радона и короткоживущие продукты их распада в природе, М., Атомиздат. 1969. 1-312.
13. Стыро Б.И., Амиранашвили А.Г. – Некоторые результаты исследования естественной радиоактивности кучевых облаков, Тр. Ин-та физики АН Лит. ССР. Физика атмосферы, № 5, “Моклас”. 1979. С. 25-41.
14. Стыро Б.И., Ляунас В.Ю., Шопаускас К.К. – Радиоактивность атмосферы и метеорология, Вильнюс, Минтис. 1975. 1-271.
15. Хазарадзе Р.Е., Хазарадзе К.Р. – К вопросу облучения населения Грузин радонном, отчет Национального центра гигиены минздрава Грузии, Тбилиси. 2000. С. 1-3.

**მიწისპირა რადონი როგორც თბილისში ჰაერის მემორალი
ამროზოლებით დაბინძურების კატალიზატორი**

ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., კირკიტაძე დ., ნიკოფოროვი გ.,
ნოღია ა., ჩანკვეტაძე ა., ჩიხლაძე ვ.

რეზიუმე

წარმოდგენილია თბილისში 2009 წლის ივნისიდან 2010 წლის ივნისამდე ჰაერის მიწისპირა ფენაში რადონის და სუბმიკრონული აეროზოლების კომპლექსური მონიტორინგის ზოგიერთი წინასწარი შედეგი. მიღებულია, რომ რადონის და სუბმიკრონული აეროზოლების კონცენტრაციებს შორის დაიკვირვება მდგრადი პირდაპირი კორელაციური კავშირი. ეს შეუთითებს სამრეწველო ქალაქების ჰაერში სქემით გაზი→ნაწილაკი მეორადი აეროზოლების წარმოქმნის პროცესების გაძლიერებისას რადონის, როგორც კატალიზატორის როლზე.

**ПРИЗЕМНЫЙ РАДОН КАК КАТАЛИЗАТОР ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В ТБИЛИСИ
ВТОРИЧНЫМИ АЭРОЗОЛЯМИ**

Амиранашвили А.Г., Блиадзе Т.Г., Киркитадзе Д.Д., Никифоров Г.В.,
Нодия А.Г., Чанкветадзе А.Ш., Чихладзе В.А.

Реферат

Представлены предварительные результаты комплексного мониторинга содержания в приземном слое воздуха радона и субмикронных аэрозолей в Тбилиси в период с июня 2009 по май 2010 г. Получено, что между концентрацией радона и субмикронных аэрозолей наблюдается устойчивая прямая корреляционная связь. Это указывает на роль радона, как катализатора процессов усиления образования вторичных аэрозолей по схеме газ→частица в воздухе промышленных городов.

**SOME PRELIMINARY RESULTS OF THE COMPLEX MONITORING OF SURFACE OZONE
CONCENTRATION (SOC), INTENSITY OF SUMMARY SOLAR RADIATION AND SUB-
MICRON AEROSOLS CONTENT IN AIR
IN TBILISI IN 2009-2010**

**Amiranashvili A., Bliadze T., Kirkitadze D., Nikiforov G.,
Nodia A., Chankvetadze A., Chikhladze V.**

Abstract

The preliminary results of the complex monitoring of the content in surface boundary layer of radon and sub-micron aerosols in Tbilisi in the period from June 2009 through May 2010 are presented. It is obtained that between the concentration of radon and sub-micron aerosols the steady direct correlation is observed. This indicates the role of radon as the catalyst of the processes of amplifying the formation of secondary aerosols according to scheme gas → particle in industrial cities air.