

**ТЕНДЕНЦИИ МЕЖГОДОВОЙ
ИЗМЕНЧИВОСТИ
КОНЦЕНТРАЦИЙ Pb-214 и Bi-214 В
ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ
СЕВАСТОПОЛЬСКОГО РЕГИОНА**

*Г.Ф. Батраков, Д.А. Кременчуцкий,
А.В. Холощев**

Морской гидрофизический институт,
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
*Севастопольская морская академия,
г. Севастополь, ул. Рыбаков, 5-А
E-mail: batrakovgf@gmail.com

Представлены результаты мониторинга концентраций Pb-214 и Bi-214 в приземном слое атмосферы севавтопольского региона в период 2007 – 2014 гг. Приведены результаты исследования трендов межгодовой изменчивости. Исследовано влияние на концентрацию различных метеорологических факторов. Сделано предположение, что увеличение концентрации в последние годы может быть обусловлено изменением интенсивности эксгаляции Rn-222 из горных пород региона в связи с увеличением его сейсмической активности.

Введение. Изменения концентраций естественных радионуклидов в приземном слое атмосферы над любыми территориями нашей планеты во многом определяют безопасность жизнедеятельности их населения, закономерности развития их ландшафтов, и в тоже время позволяют судить об интенсивности геофизических и геохимических процессов, которые их вызывают. Поэтому выявление свойственных им тенденций является актуальной проблемой не только радиэкологии, но также физической географии, геофизики и геохимии ландшафтов.

Наибольший интерес решение данной проблемы представляет для крупных городов, расположенных в курортно-рекреационных зонах, к числу которых относится и г. Севастополь.

Выявлению закономерностей изменения концентраций естественных радионуклидов в приземном слое атмосферы посвящены работы многих отечественных и зарубежных авторов [1 – 10], опубликованные в период после 1975 г. Из них следует, что к числу веществ, существенно влияющих на гамма-излучение

земной атмосферы [1] и во многом определяющих ионизацию ее приземного слоя [2], относятся короткоживущие продукты распада радона-222 – свинец-214 и висмут-214 (далее Rn-222, Pb-214 и Bi-214), с периодами полураспада 3,823 суток, 27 минут и 19,7 минут, соответственно.

Интерес к исследованию временной изменчивости концентраций упомянутых веществ в приземном слое атмосферы обусловлен еще и тем, что они находятся в равновесии с Rn-222. Это позволяет осуществлять мониторинг изменений концентрации в воздухе Rn-222, измеряя концентрации данных существенно более активных продуктов его распада [3].

Установлено, что присутствующие в приземном слое атмосферы Pb-214 и Bi-214 содержатся в частицах аэрозоля, а отношение их концентраций зависит от происхождения этих частиц. Если они являются терригенными – это отношение больше 1, если морскими – меньше [4 – 7]. Поскольку Pb-214 и Bi-214 поступают в приземный слой атмосферы из одного и того же источника, между изменениями их концентраций в воздухе, как правило, имеется значимая положительная корреляция [4]. В тоже время известны случаи, при которых между Pb-214 и Bi-214 имеют место значительные отклонения от равновесия [5 – 8]. На абсолютные концентрации рассматриваемых веществ, их отношение существенно влияют метеоусловия [4].

Наиболее существенно и повсеместно влияет на концентрации в воздухе Pb-214 и Bi-214 скорость ветра в приземном слое атмосферы, повышение которой усиливает вертикальный обмен и снижает содержание в нем Rn-222.

К характеристикам метеоусловий, способным влиять на концентрации в воздухе Pb-214 и Bi-214, в ряде регионов могут относиться температура и относительная влажность приземного слоя атмосферы (для Севастополя это не характерно [4, 9]). Влияют на них также атмосферные осадки, вымывающие из приземного слоя атмосферы частицы аэрозоля, а также увлажняющие почву [4].

Так как источником Pb-214 и Bi-214 является радиоактивный распад радона, представляется очевидным, что на них

способны влиять не только метеорологические факторы, но и процессы влияющие на скорость эксгаляции Rn-222 [4, 8].

Установлено, что эксгаляция Rn-222 происходит из твердых и жидких сред, содержащих радий-226 [10]. Скорость эксгаляции Rn-222 из горных пород, богатых ураном, на несколько порядков превышает средний уровень. Она максимальна для пород, обладающих наибольшей проницаемостью – горячих, сухих песков и минимальна для холодных и увлажненных глин.

Концентрация радона в воздухе над гранитами, черноморскими известняками и другими горными породами, в которых много урана, как правило, существенно больше, чем над поверхностью морей.

Перед землетрясениями концентрации радона в воздухе повышаются, вероятно, благодаря увеличению интенсивности вертикального обмена воздуха в грунте [11].

В период вегетации растений скорость эксгаляции ими радона увеличивается в сравнении с участками почвы, где они отсутствуют, до 7 раз [12].

Объектом исследования в данной работе выбраны изменения концентраций Pb-214 и Bi-214 в приземной атмосфере г. Севастополя.

Предметом исследования являются тенденции межгодовой изменчивости среднемесячных концентраций Pb-214 и Bi-214 в приземной атмосфере г. Севастополя, проявившиеся в период 2007 – 2014 гг.

Целью работы является выявление тенденции межгодовых изменений среднемесячных концентраций Pb-214 и Bi-214 в приземной атмосфере г. Севастополя и природных процессов в Севастопольском регионе, способных их породить.

Материалы и методы. Мониторинг изменчивости концентраций Pb-214 и Bi-214 в приземной атмосфере г. Севастополя осуществляется с января 2007 г., методические особенности отбора проб подобно изложены в [9, 13].

В качестве фактического материала использовались временные ряды среднемесячных значений: концентраций в приземном воздухе г. Севастополя Pb-214 и Bi-214; скорости ветра в приземном слое

атмосферы; месячные суммы атмосферных осадков. Метеоданные были получены из архива Гидрометслужбы Украины.

Результаты и их анализ. Сопоставление полученных результатов с опубликованными данными показало, что они наиболее близки к величинам, полученным в Италии и Греции [4], а частицы аэрозоля, содержащие рассматриваемые вещества в зимне-весенний период континентального происхождения, а в летне-осенний период – смешанным тип (континентально-морское).

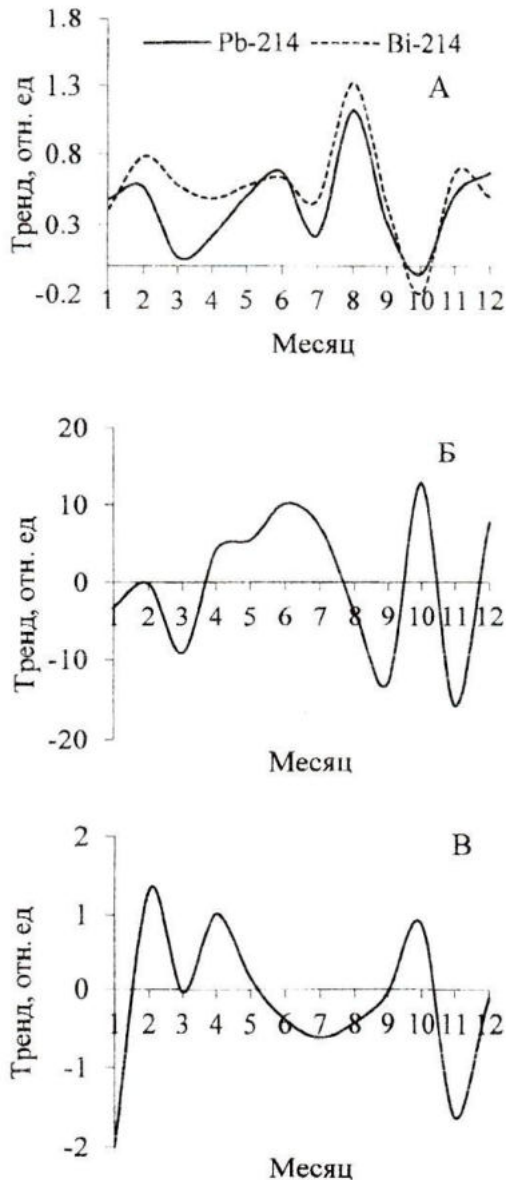
Проявившиеся за указанный период тенденции межгодовой изменчивости среднемесячных концентраций рассматриваемых веществ в приземном слое атмосферы над г. Севастополем ранее не исследовались, равно как и их связи с метеорологическими и геофизическими процессами, происходящими в регионе. Это не позволяет их учитывать при долгосрочном прогнозировании этих процессов, существенно влияющих на безопасность жизнедеятельности населения.

В работе были рассчитаны значения угловых коэффициентов линейных трендов временных рядов всех рассматриваемых процессов, соответствующих всем месяцам. С их использованием для каждого процесса построены зависимости рассчитанных значений от номера месяца, которые представлены на рисунке 1.

Как видим из рис. 1А, на протяжении всех месяцев, кроме октября, за период 2007 – 2014 гг. среднемесячные концентрации Pb-214 и Bi-214 увеличивались. Зависимости от номера месяца (годовой ход) рассматриваемых характеристик данных веществ подобны (что подтверждает выводы [4]). Максимальные значения скоростей были в августе, а минимальные соответствовали октябрю. Следует отметить, что отрицательные значения угловых характеристик линейных трендов рассматриваемых факторов в октябре могут быть обусловлены влиянием эффекта ограниченности выборки (ряды, по которым они вычислены, содержат всего по 7 членов).

Как известно, в севастопольском регионе, как и в целом в Северном субтропическом климатическом поясе, суммарная площадь зеленого листа [14] отлична

от нуля с апреля по сентябрь, достигая максимума в июне. К тому же ощутимого увеличения площади зеленого листа, либо изменения видового состава преобладающих растений в период 2007 – 2014 гг. здесь не было. Следовательно, изменения состояния растительности в севастопольском регионе не могли породить выявленные тенденции изменений среднемесячных концентраций Pb-214 и Bi-214.



Р и с. 1. Зависимости от номера месяца тенденций изменения среднемесячных концентраций Pb-214 и Bi-214 (А), месячных сумм атмосферных осадков (Б), среднемесячных скоростей ветра (В)

Из рис. 1Б следует, что с апреля по июль и в октябре месячные суммы атмосферных осадков в Севастополе увеличились, что должно было бы привести к уменьшению концентраций в воздухе Pb-214 и Bi-214. В действительности подобное имеет место лишь в октябре. В прочие месяцы месячные суммы атмосферных осадков в Севастополе уменьшились, что могло привести к наблюдаемому эффекту увеличения концентраций Pb-214 и Bi-214.

Рис. 1В показывает, что среднемесячная скорость ветра в Севастополе уменьшилась в январе, марте, июне – августе и ноябре. Это должно было способствовать ослаблению вертикального обмена в приземном слое атмосферы и повышению содержания в нем Rn-222 (что и имеет место в действительности). Вместе с тем в прочие месяцы среднемесячные скорости ветра в Севастополе увеличились, что должно было привести к уменьшению концентраций в воздухе Pb-214 и Bi-214. В действительности это имеет место лишь в октябре.

Полученные результаты указывают на то, что качественное соответствие тенденций изменения среднемесячных концентраций в воздухе Pb-214 и Bi-214, а также месячных сумм атмосферных осадков и среднемесячных скоростей ветра имеет место лишь в октябре. В прочие месяцы совпадение тенденций с одной из этих характеристик приходится на несоответствие с другой. Последнее показывает, что метеорологические факторы, в принципе способные значимо влиять на рассматриваемый процесс, в севастопольском регионе практически на протяжении всего года действуют противонаправленно, частично ослабляя друг друга.

Какой-либо связи рассматриваемого процесса с изменениями состояния растительности в регионе не выявлено. Это позволяет допускать, что существенной причиной происходящего в подобные месяцы может являться увеличение интенсивности эксгаляции Rn-222 из горных пород региона. Как следует из [11], последнее может быть вызвано увеличением механических напряжений в горных породах, которое предвещает приближение землетрясения.

Выводы. Таким образом, установлено, что за период 2007 – 2014 гг. в приземном слое атмосферы над г. Севастополь в любые месяцы, кроме октября ощутимо увеличились концентрации в воздухе Рb-214 и Bi-214.

В тот же период существенных изменений растительного покрова в регионе, которые могли бы вызвать данное явление, не происходило.

Качественное соответствие выявленных тенденций рассматриваемого процесса, а также тенденций межгодовых изменений месячных сумм атмосферных осадков и среднемесячных скоростей ветра имеет место лишь в октябре. В прочие месяцы влияние упомянутых метеорологических факторов на изучаемые процессы является противоположным, что приводит к их частичной компенсации.

Это позволяет предположить, что выявленную тенденцию увеличения концентраций в воздухе Рb-214 и Bi-214 обусловило увеличение скорости эксгаляции Rn-222 в регионе, вызванное увеличением его сейсмической активности. Данное предположение не противоречит установленным фактам, хотя и не может быть подтверждено ими.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Радиация. Дозы, эффекты, риск.* – М.: Мир, 1988. – 79 с.
2. *Кухтевич В.И., Машковец В.П.* Распространение ионизирующих излучений в воздухе. – М.: Атомиздат, 1975. – 214 с.
3. *Сердюкова А.С., Капитанов Ю.Т.* Изотопы радона и продукты их распада в природе. – М.: Атомиздат, 1975. – 295 с.
4. *Батраков Г.Ф.* Радиоактивные изотопы в атмосфере и океане. – Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика», 2012. – 376 с.
5. *Shapiro M.H., Forbes-Resha J.L.* $^{214}\text{Bi}/^{214}\text{Pb}$ ratios in air at a height of 20m // *J. Geophys. Res.* – 1975. – V 80. – № 12. – P. 1605 – 1613.
6. *Rangarajan C., Eapen C.D.* $^{214}\text{Bi}/^{214}\text{Pb}$ Activity in the Atmosphere // *J. Geophys. Res.* – 1981. – V 86. – № C-4. – P. 3194 – 3198.
7. *Синьков С.И.* Поведение короткоживущих продуктов распада радона в приводной атмосфере // Диссер. на соиск.уч. ст. к.х.н. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова. – Химический факультет, 1990. – 173 с.
8. *Shapiro M. H., Kosowski R., Jones D.A.* Radon Series Disequilibrium in Southern California Coastal Air // *J. Geophys. Res.* – 1978. – V 83. – № C-2. – P. 929 – 933.
9. *Батраков Г.Ф., Чудиновских Т.В., Иванова Т.М.* Свинец-214 и висмут-214 в приземной атмосфере Севастопольского региона // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАНУ, 2010. – С. 196 – 202.
10. *Гудзенко В.В., Дубинчук В.Т.* Изотопы радия и радон в природных водах. – М.: Наука, 1987. – 157 с.
11. *Уткин В.И., Юрков А.К.* Динамика выделения радона из массива горных пород как краткосрочный предвестник землетрясения // Докл. РАН. – 1998. – Т. 358. – № 5. – С. 675 – 680.
12. *Пирсон Д.Е., Джонс Г.Е.* Концентрация в почве «эманлирующего радия-226» и эксгаляция радона-222 из почв и растений // Исследования по ядерной метеорологии и химии атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – С. 156 – 167.
13. *Батраков Г.Ф., Чудиновских Т.В., Чудиновских Е.С.* Мониторинг короткоживущих продуктов распада ^{222}Rn (^{214}Bi и ^{214}Pb) в приземной атмосфере Севастополя. // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАНУ, 2008. – С. 351 – 356.
14. *Берлянт А.М.* Физическая география. – М.: Просвещение. 1994. – 384 с.