

УДК 53.043:911.2:57.013

**МОЩНОСТЬ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗЫ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ
ПРИРОДНЫХ И УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ
СЕВЕРНОГО КАВКАЗА**

**Бураева Е.А., Малышевский В.С., Нефедов В.С., Тимченко А.А., Горлачев И.А.,
Семин Л.В., Шиманская Е.И., Триболина А.Н., Кубрин С.П., Гуглев К.А.,
Толпыгин И.Е., Мартыненко С.В.**

*ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону,
e-mail: buraeva_elen@mail.ru, vsmalyshevsky@sfedu.ru, shimamed@yandex.ru, tolpygin@ipoc.sfedu.ru*

Проведена оценка мощности эквивалентной дозы гамма-излучения природных и урбанизированных территорий Ростовской области, Краснодарского края и республики Адыгея. Представленные результаты в целом соответствуют среднемировым значениям гамма-фона. В отдельных районах были выявлены отклонения от типичных значений. Приведено объяснение полученных результатов для природных и урбанизированных территорий. В районах проведения исследований на территории республики Адыгея были обнаружены аномалии, в которых измеренные значения сильно отличались от средних показателей. Оценены годовые значения эквивалентной дозы для исследованных территорий. На основании полученных сведений был сделан вывод о необходимости дальнейших радиоэкологических наблюдений в данном регионе. Подчеркнута важность работы по выявлению радиоактивных аномалий с целью предотвращения получения излишней дозовой нагрузки населением.

Ключевые слова: гамма-излучение, эквивалентная доза, природные территории, промышленные территории

**EQUIVALENT DOSE OF GAMMA RADIATION AT NATURAL
AND URBAN AREAS OF THE NORTH CAUCASUS**

**Buraeva E.A., Malyshevsky V.S., Nefedov V.C., Timchenko A.A., Gorlachev I.A.,
Semin L.V., Shimanskaya E.I., Tribolina A.N., Kubrin S.P., Guglev K.A.,
Tolpygin I.E., Martynenko S.V.**

*Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: buraeva_elen@mail.ru, vsmalyshevsky@sfedu.ru,
shimamed@yandex.ru, e-mail: tolpygin@ipoc.sfedu.ru*

The estimation of equivalent dose of gamma radiation of natural and urban areas of the North Caucasus has been done. The results correspond to the average in the world. In some areas the deviations from the typical values have been identified. The explanation of the results for the natural and urban areas has been done. In the areas of the Republic of Adygea the abnormal deviation from the average were found. The average value of equivalent dose for the studied areas has been estimated. The further radio-ecological observations in the region are required. It is important to identify the radioactive anomalies in order to avoid making higher radiation exposure of the population.

Keywords: gamma radiation, equivalent dose, natural areas, industrial areas

Изучению радиоактивности природных [4–6, 9, 13] и урбанизированных [1, 7, 10, 11, 12] территорий посвящено множество публикаций. В качестве основного критерия оценки загрязнения территории используется мощность эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭД) [3]. В зависимости от территориальных особенностей значения естественного гамма фона могут меняться в достаточно широких пределах. Значительные вариации МЭД связаны как с особенностями геологического и тектонического строения регионов, так и с наличием техногенного влияния – разработкой месторождений полезных ископаемых, выбросами в результате ядерных инцидентов, внесением удобрений и др. [2].

В большинстве исследуемых природных регионов мира гамма-фон варьируется в пределах 0,2–0,4 мкЗв/ч [4, 13]. В то же время существуют зоны с аномально высокими значениями МЭД, например, в Нацио-

нальном парке Агбабу (юго-западная часть Нигерии) значения фона варьируются от 10 до 30 мкЗв/ч при среднем его значении 20 мкЗв/ч [6, 9]. На урбанизированных территориях гамма-фон также в целом составляет от 0,03–0,25 мкЗв/ч [7, 8, 10, 11, 12], при среднемировом значении 0,1 мкЗв/ч [2].

В целом достаточно широкие значения МЭД различных регионов и наличие радиоактивных аномалий на отдельных участках делают актуальной проблему оценки радиоактивности объектов и территорий. Подобные исследования позволяют определить естественный гамма-фон изучаемых районов, оценить дозы облучения населения от природных источников гамма-излучения и выявить непригодные для деятельности человека территории.

Материалы и методы их исследования

В качестве объектов исследования был выбран ряд участков, находящихся в Ростовской области, Краснодарском крае и Республике Адыгея.

В Ростовской области оценка мощности эквивалентной дозы гамма-излучения проводилась в городах: Ростов-на-Дону, Новочеркасск, Таганрог, а также в ст. Старочеркасской. В качестве природных территорий Ростовской области в данной работе были выбраны целинные и залежные участки в Орловском, Аксайском, Цимлянском, Дубовском и Волгодонском районах, включая 30-километровую зону наблюдения Ростовской АЭС. Ландшафт Ростовской области представлен степями и пойменными участками реки Дон, почвы которых сформированы преимущественно на известняках, желтых глинах и аллювиальных отложениях. В данном регионе сильно развиты промышленность, производство, сельское хозяйство и атомная энергетика (Ростовская атомная электростанция).

В Краснодарском крае наблюдения на природных участках проводились в Кушевском районе. Урбанизированные территории Краснодарского края представлены в основном селами, расположенными в предгорной части Главного Кавказского хребта вдоль побережья Черного моря (Вардане, Верхне-николаевское, Высокое и др.). Краснодарский край делится рекой Кубань на две части: северную – равнинную (2/3 территории), расположенную на Кубано-Приазовской низменности, и южную – предгорную и горную (1/3 территории), расположенную в западной высокогорной части Большого Кавказа. Ведущее место в структуре промышленности принадлежит перерабатывающим производствам и пищевой отрасли. Достаточно развиты электроэнергетика, топливная отрасль, машиностроение и металлообработка, туризм и курортное дело. Доля химической, лесной и легкой промышленности незначительна.

Территорию Республики Адыгея можно условно разделить на северную часть, которая представлена равнинами и поймами рек, и южную, которая находится в предгорьях и горах Главного Кавказского хребта. Около 40% территории занимают широколиственные леса. Оценка мощности эквивалентной дозы гамма-излучения проводилась в г. Майкоп и ряде населенных пунктов Майкопского района, а также на луговых и лесных участках предгорий. Урбанизированные территории представлены населенными пунктами: г. Майкоп, п. Каменомостский, с. Победа, с. Никель, ст. Даховская, ст. Абадзехская, с. Севастопольское и с. Новосвободное и месторождениями полезных ископаемых Майкопского района. В основном населенные пункты данной территории имеют малую численность населения и невысокую плотность застройки.

Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения измеряли пешеходной гамма-съемкой с помощью дозиметров-радиометров ДРБП-03, СРП-88н и ДКС-96 на высоте 1 м от поверхности почвенного покрова. Погрешность оценки МЭД не превышает 15%.

Результаты исследования и их обсуждение

Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения по районам Ростовской области и Краснодарского края варьируется в пределах от 0,05 до 0,29 мкЗв/ч, при среднем значении мощности эквивалентной дозы 0,15 мкЗв/ч (табл. 1, рисунок 1, а-г). На большинстве природных территорий дан-

ных регионов гамма-фон находится в пределах 0,08–0,20 мкЗв/ч (рисунок 1, б, г), что не превышает значений МЭД, установленных в [3] (0,2 мкЗв/ч) и соответствует среднемировому гамма-фону (0,1 мкЗв/ч). Для г. Ростова-на-Дону мощность эквивалентной дозы гамма-излучения соответствует данным по Ростовской области (табл. 1).

Для городских (урбанизированных) территорий Ростовской области (рисунок 1, а) распределение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения неоднородное. Имеют место как районы с гамма-фоном на уровне 0,09–0,15 мкЗв/ч, так и участки с фоном в пределах 0,22–0,29 мкЗв/ч. Подобное распределение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения на урбанизированных территориях связано с неоднородностью застройки, чередованием парковых зон и загруженных автомобильных магистралей, а также с использованием различных строительных материалов при возведении зданий и объектов.

Республика Адыгея имеет крайне неоднородный и сложный рельеф с горными и равнинными участками. Радиоактивность данных территорий в значительной мере зависит от глубины залегания материнских пород, наличия проявлений урана и зон тектонических разломов [2].

На природных территориях измерения проводились в ущельях рек Белая и Сук, в смешанных лесах, прилегающих к пойме реки Белая, и на луговых территориях, в том числе на плато Лаго-Наки. Радиационный фон на данных территориях также варьируется в значительных пределах (табл. 2). Дополнительные дозовые нагрузки могут вносить эманации радона и выходы гранитов на поверхность Земли. Коренные породы залегают неглубоко – от 20 см до 1 м и вследствие оползней и селей могут быть оголены.

На территории Республики Адыгея имеют место радиоактивные аномалии с повышенным гамма-фоном. Они могут быть как естественного происхождения, например, участки с проявлениями урана, так и искусственного, например, штольни и отвалы, а также некоторые источники водоснабжения, которые ведут забор воды из водоносных слоев, сформированных на радиоактивных пластах. В табл. 2 приведены сведения для аномалий, которые были обнаружены как на территориях населенных пунктов, так и на природных участках в экспедициях 2003 и 2010–2012 гг. Разброс значений мощности эквивалентной дозы крайне велик. Сами аномалии распределены неравномерно.

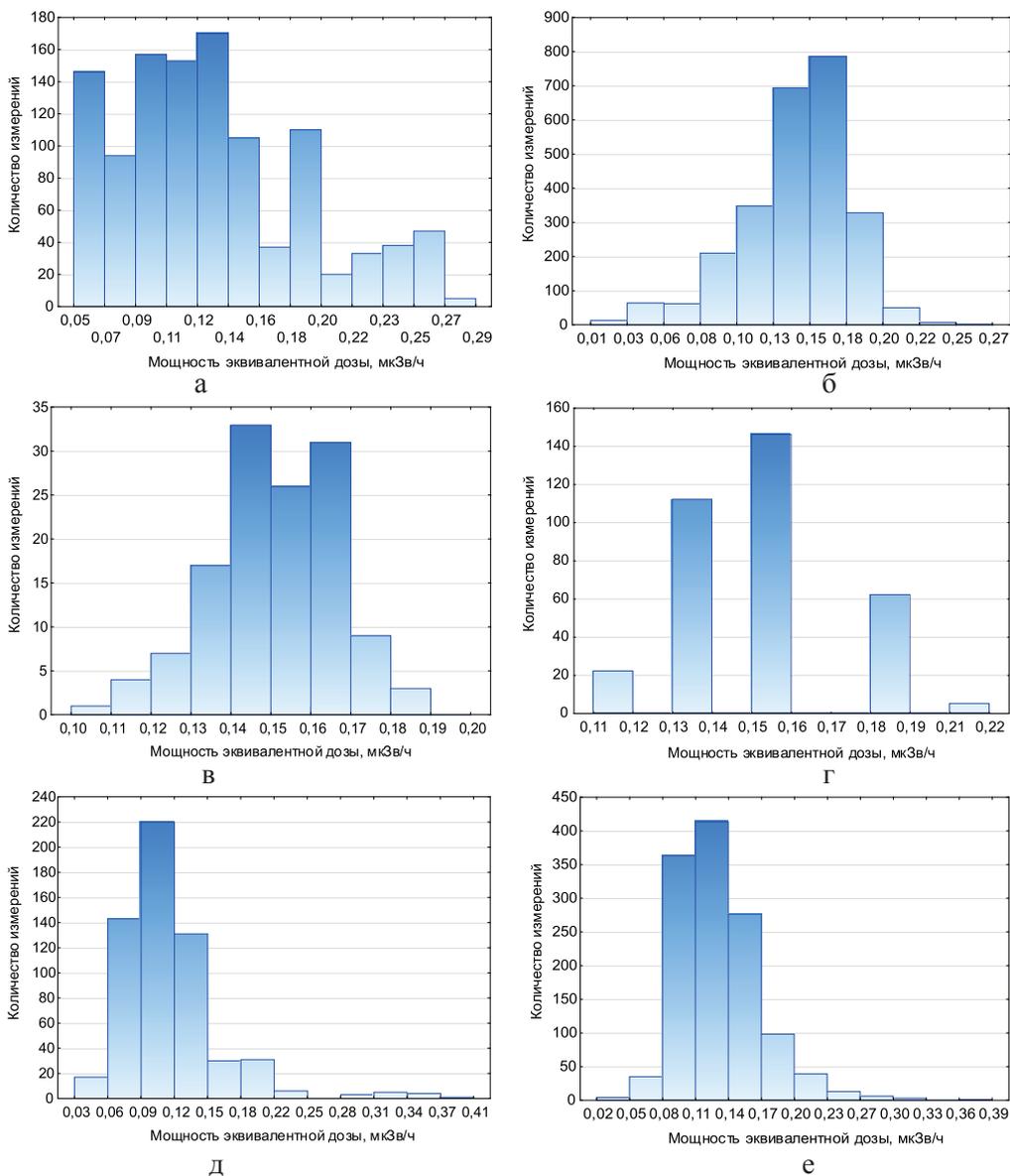


Диаграмма распределения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения урбанизированных территорий Ростовской области (а), природных территорий Ростовской области (б), урбанизированных территорий Краснодарского края (в), природных территорий Краснодарского края (г), урбанизированных территорий Республики Адыгея (д), природных территорий Республики Адыгея (е)

Распределение мощности эквивалентной дозы варьируется в широких пределах (табл. 2, рисунок д-е). Источниками высоких значений мощности эквивалентной дозы урбанизированных районов могут служить объекты питьевого водоснабжения (колодцы, колонки, скважины), строительные материалы, а также эманации радона. ²²²Rn хорошо растворяется в воде, обладает высокой скоростью эманации с поверхности земли и может свободно выходить на поверхность по трещинам и разломам горных пород.

Выявленные в аномалиях значения МЭД свыше 1 мкЗв/ч делают их потенциально

опасными для здоровья человека. Измеренные величины свидетельствуют о высокой вероятности превышения предельно допустимых значений законодательно нормируемых характеристик установленных в [3] для радионуклидов. Длительное нахождение в таком месте может привести к получению заметной дозы облучения. Отдельную опасность представляет случайное попадание концентрированных количеств радионуклидов из областей аномалий в организм человека. Поиск, локализация и изоляция таких участков является важной задачей. Пешеходная гамма-съемка хоть и дает хорошее разрешение, но не в силах охватить большие

территории, на которых могут присутствовать радиоактивные аномалии, как например, на территории Республики Адыгея.

Кроме того необходимо проводить учет аномальных участков и устанавливать в местах их нахождения предупреждающие знаки.

Таблица 1

Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения

Территория	Минимальное значение, мкЗв/ч	Максимальное значение, мкЗв/ч	Среднее значение, мкЗв/ч	Стандартное отклонение
Ростовская область	0,05	0,29	0,14	0,04
Урбанизированные территории Ростовской области	0,05	0,29	0,13	0,02
Природные территории Ростовской области	0,05	0,27	0,14	0,02
Урбанизированные территории Краснодарского края	0,11	0,19	0,16	0,02
Природные территории Краснодарского края	0,11	0,22	0,16	0,02

Таблица 2

Гамма-фон территорий Республики Адыгея

Территории	Минимальное значение МЭД, мкЗв/ч	Максимальное значение МЭД, мкЗв/ч	Среднее значение МЭД, мкЗв/ч	Стандартное отклонение
По республике	0,02	0,97	0,19	0,16
Урбанизированные	0,03	0,97	0,24	0,21
Природные	0,02	0,39	0,13	0,04
Аномалии	1,00	37,72	3,37	6,45

Также в данной работе оценивалась годовая эффективная доза для населения [3]. Расчет годовой эффективной дозы прово-

дился, исходя из принципа, что фон в течение года стабилен и человек облучается равномерно.

Таблица 3

Оценка годовой эффективной дозы для урбанизированных и природных территорий Ростовской области

Территории	Минимальное значение, мЗв/г	Максимальное значение, мЗв/г	Среднее значение, мЗв/г	Стандартное отклонение
Ростовская область				
Урбанизированные	0,44	2,55	1,38	0,56
Природные	0,44	2,13	1,22	0,31
Краснодарский край				
Урбанизированные	0,96	1,66	1,37	0,14
Природные	0,95	1,36	1,36	0,16
Республика Адыгея				
Урбанизированные	0,24	8,54	2,12	1,82
Природные	0,14	3,43	1,19	0,34
Аномалии	8,78	331,33	29,63	56,63

В целом на урбанизированных и природных территориях население получает примерно одинаковые дозы (табл. 3). Однако годовая эффективная доза, получаемая населением на урбанизированных и природных территориях горных районов, может значительно различаться. Аномальные участки могут вносить значительный вклад в индивидуальную дозовую нагрузку человека как за счет внутреннего, так и внешнего облучения.

Допустимые значения для эффективной дозы в условиях воздействия естественных

радионуклидов, согласно [3], не устанавливаются. Но существуют ограничения по МЭД на участках застройки, на которых её значение не должно превышать мощности дозы на открытой местности более чем на 0,2 мкЗв/ч [3]. Установлены нормы качества питьевой воды по радиационной безопасности в условиях воздействия как техногенных, так и природных радионуклидов [3].

Отметим, что в случае радиационной аварии, согласно [3], территории со значениями годовой эффективной дозы от 1

до 5 мЗв/г относятся к зонам радиационного контроля. При этом большинство исследуемых районов Северного Кавказа (табл. 3) относятся к территориям, в которых годовая эффективная доза гамма-излучения населения, обусловленная исключительно естественными радионуклидами также может составлять от 1 до 5 и даже более мЗв/г. Поэтому эти районы требуют организации радиоэкологического мониторинга.

Выводы

Оценены мощности эквивалентных доз гамма-излучения природных и урбанизированных территорий (табл. 1, 2). Данные хорошо согласуются друг с другом и со средними значениями в интервале 0,1 мкЗв/ч.

На территории Республики Адыгея присутствуют радиоактивные аномалии. Определена годовая эффективная доза облучения населения природных и городских территорий для фоновых территорий и районов с радиоактивными аномалиями (табл. 3). Все исследованные участки относятся к зонам вмешательства, для которых требуется дозиметрический контроль объектов и территорий.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (№ 14.А18.21.0633).

Список литературы

1. Джамилова С.М. Оценка характеристик гамма-поля территорий городов и поселков Акмолинской области // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 9 (83). – С. 51–54.
2. Давыдов М.Г. Радиоэкология: учебник для вузов. / М.Г. Давыдов, Е.А. Буряева, Л.В. Зорина, В.С. Малышевский, В.В. Стасов. – Ростов-н/Д.: Феникс, 2013. – 635 с.
3. СанПин 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Утверждены и введены в действие постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации Г.Г. Онищенко от 7 июля 2009 г № 47 с 01 сентября 2009 г.
4. Chernyago B.P. Current radiation environment in the Central Ecological Zone of the Baikal Natural Territory / B.P. Chernyago, A.I. Nepomnyashchikh, V.I. Medvedev // Russian Geology and Geophysics. – 2012. – Vol. 53. – P. 926–935.
5. Chougankar M.P. Profiles of doses to population living in the high background radiation areas in Kerala / M.P. Chougankar, K.P. Eappen, T.V. Ramachandran // J. Environ. Radioact. – 2003. – № 71. – P. 275–295.
6. Fasasi M.K. Natural radioactivity of the tar-sand deposits of Ondo State, Southwest Nigeria / M.K. Fasasi, A.A. Oyawale, C.E. Mokobia, P. Tchossosa, T.R. Ajayi, F.A. Balogun // Nucl. Instrum. and Methods. – 2003. – № 505. – P. 449–453.
7. Gupta M. Measurement of natural radioactivity and radon exhalation rate in fly ash samples from a thermal power plant and estimation of radiation doses. / M. Gupta, A.K. Mahur, R. Varshney, R.G. Sonkawade, K.D. Verma, R. Prasad // Radiation Measurements. – 2013. Vol. 50. – P. 160–165.
8. Hewamanna R. Natural radioactivity and gamma dose from Sri Lankan clay bricks used in building construction. / R. Hewamanna, C.S. Sumithrarachchi, P. Mahawatte, H.L.C. Nanayakkara, H.C. Ratnayake // Appl. Rad. Isotopes. – 2001. – Vol. 54. – P. 365–369.
9. Isinkaye O.M. Radiometric assessment of natural radioactivity levels of bituminous soil in Agbabu, southwest Nigeria // Radiation Measurements. – 2008. – Vol. 43. – P. 125–128.
10. Ravisankar R. Measurement of natural radioactivity in building materials of Namakkal, Tamil Nadu, India using gamma-ray spectrometry / R. Ravisankar, K. Vanasundari, A. Chandrasekaran, A. Rajalakshmi, M. Suganya, P. Vijayagopal, V. Meenakshisundaram // Appl. Rad. and Isotopes. – 2012. – Vol. 70. – P. 699–704.

11. Sabyasachi P. Detection of low level gaseous releases and dose evaluation from continuous gamma dose measurements using a wavelet transformation technique / P. Sabyasachi, D.D. Rao, P.K. Sarkar // Appl. Rad. and Isotopes. – 2012. – Vol. 70. – P. 2569–2580.

12. Shweikani R. Natural radiation background in the ancient city of Palmyra. / R. Shweikani, M.S. Al-Masri, M. Hushari, G. Raja, M. Aissa, R. Al-Hent // Radiation Measurements. – 2012. – Vol. 47. – P. 557–560.

13. Song G. Natural radioactivity levels in topsoil from the Pearl River Delta Zone, Guangdong, China / G. Song, D. Chen, Z. Tang, Z. Zhang, W. Xie. // J. of Env. Radioactivity. – 2012. – Vol. 103. – P. 48–53.

References

1. Dzhamilova S.M. Ocenka karakteristik gamma-polja territorij gorodov i poselkov Akmolinskoj oblasti // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011. no. 9 (83). pp. 51–54.
2. Davydov M.G. Radioekologija: uchebnik dlja vuzov / M.G. Davydov, E.A. Buraeva, L.V. Zorina, V.S. Malyshevskij, V.V. Stasov. Rostov-na-Donu: Feniks, 2013. 635 p.
3. SanPin 2.6.1.2523-09 Normy radiacionnoj bezopasnosti (NRB-99/2009). Utverzhdeny i vvvedeny v dejstvie postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Rossijskoj Federacii G.G. Onishhenko ot 7 ijulja 2009 no. 47 p 01 sentjabrja 2009.
4. Chernyago B.P. Current radiation environment in the Central Ecological Zone of the Baikal Natural Territory / B.P. Chernyago, A.I. Nepomnyashchikh, V.I. Medvedev. // Russian Geology and Geophysics. 2012. Vol. 53. pp. 926–935.
5. Chougankar M.P. Profiles of doses to population living in the high background radiation areas in Kerala / M.P. Chougankar, K.P. Eappen, T.V. Ramachandran. // J. Environ. Radioact. 2003. no. 71. pp. 275–295.
6. Fasasi M.K. Natural radioactivity of the tar-sand deposits of Ondo State, Southwest Nigeria / M.K. Fasasi, A.A. Oyawale, C.E. Mokobia, P. Tchossosa, T.R. Ajayi, F.A. Balogun. // Nucl. Instrum. and Methods. 2003. no. 505. pp. 449–453.
7. Gupta M. Measurement of natural radioactivity and radon exhalation rate in fly ash samples from a thermal power plant and estimation of radiation doses / M. Gupta, A.K. Mahur, R. Varshney, R.G. Sonkawade, K.D. Verma, R. Prasad. // Radiation Measurements. 2013. Vol. 50. pp. 160–165.
8. Hewamanna R. Natural radioactivity and gamma dose from Sri Lankan clay bricks used in building construction / R. Hewamanna, C.S. Sumithrarachchi, P. Mahawatte, H.L.C. Nanayakkara, H.C. Ratnayake // Appl. Rad. Isotopes. 2001. Vol. 54. pp. 365–369.
9. Isinkaye O.M. Radiometric assessment of natural radioactivity levels of bituminous soil in Agbabu, southwest Nigeria // Radiation Measurements. 2008. Vol. 43. pp. 125–128.
10. Ravisankar R. Measurement of natural radioactivity in building materials of Namakkal, Tamil Nadu, India using gamma-ray spectrometry / R. Ravisankar, K. Vanasundari, A. Chandrasekaran, A. Rajalakshmi, M. Suganya, P. Vijayagopal, V. Meenakshisundaram // Appl. Rad. and Isotopes. 2012. Vol. 70. pp. 699–704.
11. Sabyasachi P. Detection of low level gaseous releases and dose evaluation from continuous gamma dose measurements using a wavelet transformation technique. / P. Sabyasachi, D.D. Rao, P.K. Sarkar. // Appl. Rad. and Isotopes. 2012. Vol. 70. pp. 2569–2580.
12. Shweikani R. Natural radiation background in the ancient city of Palmyra. / R. Shweikani, M.S. Al-Masri, M. Hushari, G. Raja, M. Aissa, R. Al-Hent // Radiation Measurements. 2012. Vol. 47. pp. 557–560.
13. Song G. Natural radioactivity levels in topsoil from the Pearl River Delta Zone, Guangdong, China / G. Song, D. Chen, Z. Tang, Z. Zhang, W. Xie. // J. of Env. Radioactivity. 2012. Vol. 103. pp. 48–53.

Рецензенты:

Вардуни Т.В., д.п.н., к.б.н., профессор, заведующая отделом экологических инноваций Научно-исследовательского института биологии, ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону;

Симонович Е.И., д.б.н., старший научный сотрудник Научно-исследовательского института биологии, ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону.

Работа поступила в редакцию 18.09.2013.