

20 - Физика и экология. Экологические проблемы в энергетике

Бобылев Вячеслав Александрович, магистрант 1 года обучения

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, Институт физики

Удельная активность ^{137}Cs в почвах зоны наблюдения Волгодонской (Ростовской) АЭС

Бураева Елена Анатольевна, к.х.н.

e-mail: slava_bobelev@mail.ru стр. 295

Бураева Елена Анатольевна, в.н.с.

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, Научно-исследовательский институт физики

Радионуклиды в съедобных и условно-съедобных грибах

e-mail: buraeva_elena@mail.ru стр. 296

Дубров Никита Иванович, 4 курс

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, физический

Оценка влияния Новочеркасской ГРЭС на радиационную обстановку Октябрьского района Ростовской области

Бураева Елена Анатольевна, к.х.н.

e-mail: nikita.dubrov@bk.ru стр. 298

Калашникова Карина Александровна, 4 курс

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, физический

Особенности распределения гамма-фона в малых и средних городах Ростовской области

Бураева Елена Анатольевна, к.х.н.

e-mail: kalashnikoa.karina@mail.ru стр. 300

Маломыжева Наталья Викторовна, магистрант 2 года обучения

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, физический

Удельная активность ^{137}Cs в почвах Ростовской области на территориях с различной антропогенной нагрузкой

Бураева Елена Анатольевна, к.х.н.

e-mail: llia.2013@yandex.ru стр. 301

Медведев Вадим Викторович, 5 курс

Томск, Томский политехнический университет, инженерная школа ядерных технологий

Использование биолюминесцентных систем для мониторинга воздействия гуминовых веществ на радиоактивные растворы

Сачкова Анна Сергеевна, к.б.н.

e-mail: vvm54@tpu.ru стр. 303

Плахотняя Дарья Павловна, магистрант 1 года обучения

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, Научно-исследовательский институт физики

Радиоэкологический мониторинг на территориях городских округов Краснодарского края

Бураева Елена Анатольевна, к.х.н.

e-mail: dplakhotnyaya@bk.ru стр. 304

Полянский Дмитрий Александрович, доцент

Владивосток, Дальневосточный федеральный университет, ИНТиПМ

Исследование радиационной опасности углей, применяемых в системах твердотопливного отопления в Приморском крае

e-mail: polyanskiy.da@dvfu.ru стр. 305

Рудников Никита Андреевич, магистрант 1 года обучения

Томск, Томский политехнический университет, инженерная школа ядерных технологий

Возможность применения легких водородосодержащих материалов в качестве биологической защиты от нейтронного излучения

Кузнецов Михаил Сергеевич, к.т.н.

e-mail: nar11@tpu.ru стр. 306

Сайфудинов Тимур Каноатшохович, 4 курс
Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, физический
Мониторинг радиационной обстановки возле Ростовской АЭС
Бураева Елена Анатольевна, к.х.н.
e-mail: tima.saufydionv2001@gmail.com стр. 307

Тайлашева Ксения Алексеевна, аспирант 1 года обучения
Томск, Томский политехнический университет, -
Результаты оценок вертикальной компоненты скорости частиц выбросов промышленных предприятий
Рыжакова Надежда Кирилловна, к.ф.-м.н.
e-mail: kat14@tpu.ru стр. 308

Татаринцева Мария Алексеевна, 3 курс
Томск, Томский политехнический университет, отделение ядерно-топливного цикла
Мониторинг загрязнения от угольной промышленности
Рогова Наталья Сергеевна, к.т.н.
e-mail: mat30@tpu.ru стр. 310

Филинкова Марина Сергеевна, аспирант 2 года обучения
Екатеринбург, Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН
Магнитные системы для осаждения наночастиц из водных сред
Медведева Ирина Владимировна, д.ф.-м.н.
e-mail: filinkova-ms@yandex.ru стр. 311

Чеп Алексей Русланович, магистрант 2 года обучения
Томск, Томский политехнический университет, инженерная школа ядерных технологий
Нейтронно-физический расчёт ВВЭР-1000 с толерантным топливом
Кузнецов Михаил Сергеевич, к.т.н.
e-mail: arc3@tpu.ru стр. 312

Шаповалов Егор Сергеевич, 4 курс
Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, физический
Распределение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения в населённых пунктах Чертковского района Ростовской области
Бураева Елена Анатольевна, к.х.н.
e-mail: yegor.shapovalov.01@mail.ru стр. 313

Швецова Дарья Алексеевна, магистрант 2 года обучения
Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, физический
Сравнительная характеристика поверхностного распределения радионуклидов в зоне чернозёмных почв природных, природно-техногенных и урбанизированных территорий Ростовской области
Бураева Елена Анатольевна, к.х.н.
e-mail: dashik.shvet@yandex.ru стр. 314

Штыфлюк Мария Евгеньевна, м.н.с.
Москва, Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского, лаб. медико-физических исследований
Оценка содержания радона в помещениях корпуса `Е` ДВФУ и выработка рекомендаций по снижению его влияния на организм
Полянский Дмитрий Александрович, к.ф.-м.н.
e-mail: shtyfliuk.me@students.dvfu.ru стр. 316

Шульга Всеволод Владимирович, 4 курс
Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, физический
Мощность эквивалентной дозы в рабочих и жилых помещениях ст. Староминской Краснодарского края
Бураева Елена Анатольевна, к.х.н.
e-mail: ssevashulga@mail.ru стр. 317

Удельная активность ^{137}Cs в почвах зоны наблюдения Волгоградской (Ростовской) АЭС

Бобылев Вячеслав Александрович

Костырев Борис Павлович, Павленко Алексей Сергеевич, Плахотняя Дарья Павловна

Южный федеральный университет

Бураева Елена Анатольевна, к.х.н.

slava_bobelev@mail.ru

В настоящее время многие предприятия ядерной топливной энергетики могут быть потенциальными источниками поступления в окружающую среду искусственных радионуклидов (ИРН). В Ростовской области таким предприятием является Ростовская (Волгодонская) АЭС (РоАЭС).

Целью данной работы является изучение распределения искусственного радионуклида ^{137}Cs в почвах тридцатикилометровой зоны наблюдения Ростовской АЭС. Объектами исследования настоящей работы является почвы степной зоны данного региона, находящиеся в 30-километровой зоне наблюдения Ростовской АЭС. Пробы почв отбирались каждый год на протяжении более 20 лет с 1999 года в летний сухой период. Перед отбором проб на всех контрольных участках зоны наблюдения РоАЭС выполнялась гамма-дозиметрия с использованием дозиметров-радиометров типа ДРБП-03, СРП-88н, ДКС-96. Удельную активность радионуклидов в почвах определяли на гамма-спектрометре «Прогресс-гамма сцинтилляционный». Использовали стандартные методики отбора и подготовки проб почвы.

Распределение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭД, гамма-фон) (рис.1) на территории РоАЭС не подчиняется ни нормальному, ни логнормальному распределению. Гамма-фон в зоне наблюдения РоАЭС с 2000 по 2021 гг. не изменяется и в среднем составляет 0,13-0,14 мкЗв/ч, что не превышает допустимый гамма-фон [1], с максимальным значением в 0,24 мкЗв/ч. Полученные значения совпадают с [2] и не превышают результаты предпускового радиоэкологического мониторинга («нулевого фона») зоны наблюдения РоАЭС, проводимого в 1999-2000 годах.

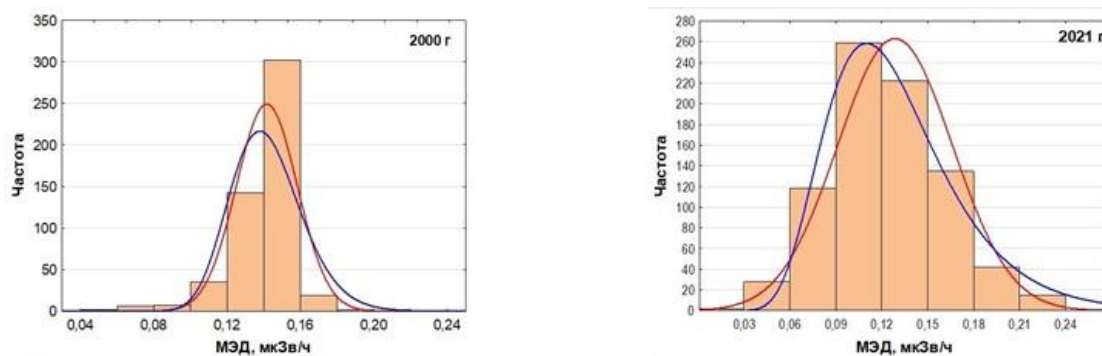


рис.1. Диаграмма распределения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения на высоте 1 метр от поверхности почвы в зоне наблюдения Ростовской АЭС

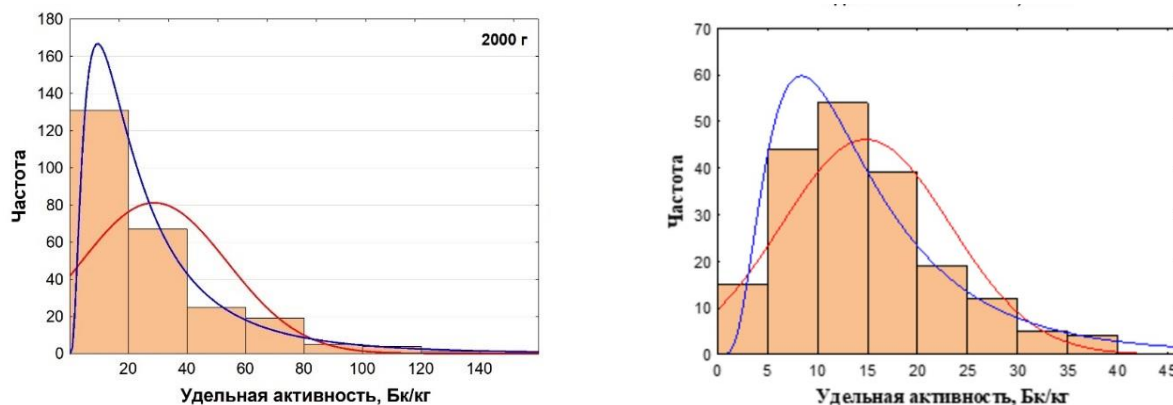


рис.2. Диаграмма распределения ^{137}Cs в 0–10 см слое почвы Ростовской АЭС

Распределение удельной активности ^{137}Cs (рис.2) близко к логнормальному распределению. Удельная активность колеблется от 1 до 156 Бк/кг, со средним значением в 32,6 Бк/кг. В 2019 году минимальное и максимальное значение удельной активности ^{137}Cs в почве 0,7 Бк/кг и 55,3 Бк/кг соответственно и со средним арифметическим и средним геометрическим значением в 14,7 и 12,5 Бк/кг, соответственно. Полученные

результаты радиоцезия в почвах зоны наблюдения РоАЭС соответствует среднемировым значениям удельной активности и характерны для Ростовской области.

Запасы по почвенному профилю ^{137}Cs с 2000 года в целом уменьшаются. Стоит выделить контрольный участок 3, на котором запас ^{137}Cs выше значений 2000 года, это связано с вынужденным смещением данного контрольного участка с выровненной территории на пологий склон овражно-балочной системы. На данном участке происходит непрерывный смыв радиоцезия по склону с его последующим накоплением на дне балки.

В целом, за многолетний период наблюдения удельная активность ^{137}Cs непрерывно снижается. В дальнейших исследованиях, для оценки влияния Ростовской АЭС на содержание радиоцезия в почвах будет оценен его суммарный запас по глубине почвенного профиля.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности 2023 г.). Проект № FENW-2023-0010/(Г30110/23-11-ИФ).

Список публикаций:

[1] 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.

[2] В.М. Шершаков, Булгаков В.Г., Крышев И.И., Вакуловский С.М., Каткова М.Н., Ким В.М., Крышев А. И. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2018 году // Обнинск – 2019 – С. 228-234.

[3] A. M. Hejl, G.D. Roger Ottmar, J. Timothy, T. P Eddy, S.L. Rathbun, A. A. Commodore, J. L. PearceL. P. Naeher Radionuclide activity concentrations in forest surface fuels at the Savannah River Site // Journal of Environmental Management – 2013 – №115 – P. 217-226.

[4] Marie Edena, Bernhard Felbermeierb, Reinhard Mosandlb, Jörg Völkela. Vertical distribution of ^{137}Cs in the contaminated soil of a spruce forest in southern Germany 12 years after regeneration cutting // Forest Ecology and Management – 2017 – №406 – P. 402-409.

Распределение радионуклидов в съедобных и условно съедобных грибах

Республики Адыгея

Бураева Елена Анатольевна

Антонова Елизавета Юрьевна, Маломыжева Наталья Викторовна

Южный федеральный университет

buraeva@sfedu.ru

Одними из важнейших биоиндикаторов загрязненности почвы являются объекты микофлоры (грибы), так как способны в значительных количествах накапливать различные поллютанты в том числе и радионуклиды. С учетом того, что во многих регионах как Российской Федерации, так и в разных странах мира дикорастущие грибы активно собираются для употребления в пищу, то оценка удельной активности радионуклидов в грибах является достаточно актуальной задачей. Ниже (на *рис. 1* и *табл.*) представлены результаты статистической обработки данных по концентрации радионуклидов в грибах, отобранных на различных площадках Майкопского района Республики Адыгея.

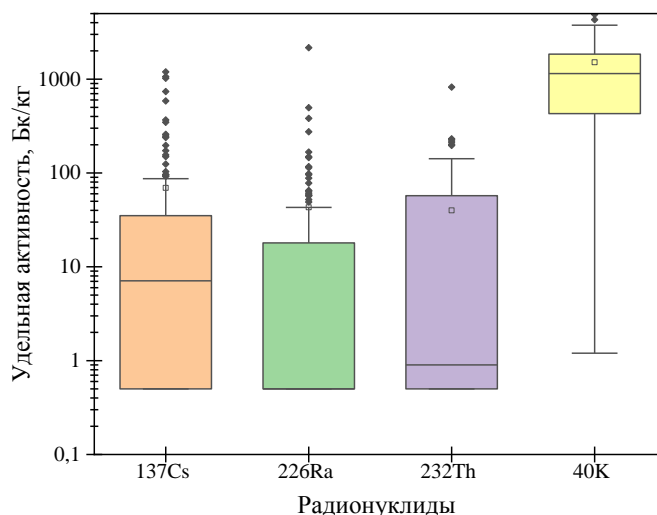


рис.1 Удельная активность радионуклидов в грибах горной Адыгеи

Параметр	Радионуклиды			
	¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
Минимум, Бк/кг	0,5	0,5	0,5	1,2
Максимум, Бк/кг	1194,0	2163,2	823,0	8919,0
Среднее арифметическое, Бк/кг	69,5	43,0	40,0	1513,7
Среднее арифметическое в почвах, Бк/кг	35,7	25,0	30,3	425,1
Среднее геометрическое, Бк/кг	0,5	1,9	1,0	100,0
Медиана, Бк/кг	7,1	0,5	0,9	1145,5
Мода, Бк/кг	0,5	0,5	0,5	1,2
Стандартная ошибка, Бк/кг	17,0	18,0	7,8	141,9
Количество образцов, шт	126			

Как правило, в большинстве проб грибов, в среднем удельная активность ²²⁶Ra и ²³²Th сопоставима в пределах погрешности с концентрацией данных радионуклидов в почвах. При этом радиоцезия в грибах больше в два раза, а ⁴⁰K – в три раза, чем в почвах (табл.). Такие различия в активности радионуклидов в грибах и почвах позволяют подтвердить выводы о значительных сорбционных способностях грибов.

Ниже, на рис. 2, представлено распределение радионуклидов в грибах на разных контрольных площадках Республики Адыгея. Максимальные концентрации радионуклидов в грибах фиксируются на КУ РЛ – площадка расположена на дне и в нижней части склонов гранитного ущелья (почвы – ранкеры лесные). Высокое содержание радионуклидов в подстилающих породах (в особенности ⁴⁰K), биогенные свойства калия и его значительная водорастворимость в совокупности с ландшафтно-климатическими условиями КУ (высокая влажность почвы) создают все условия для поступления радионуклидов в грибы.

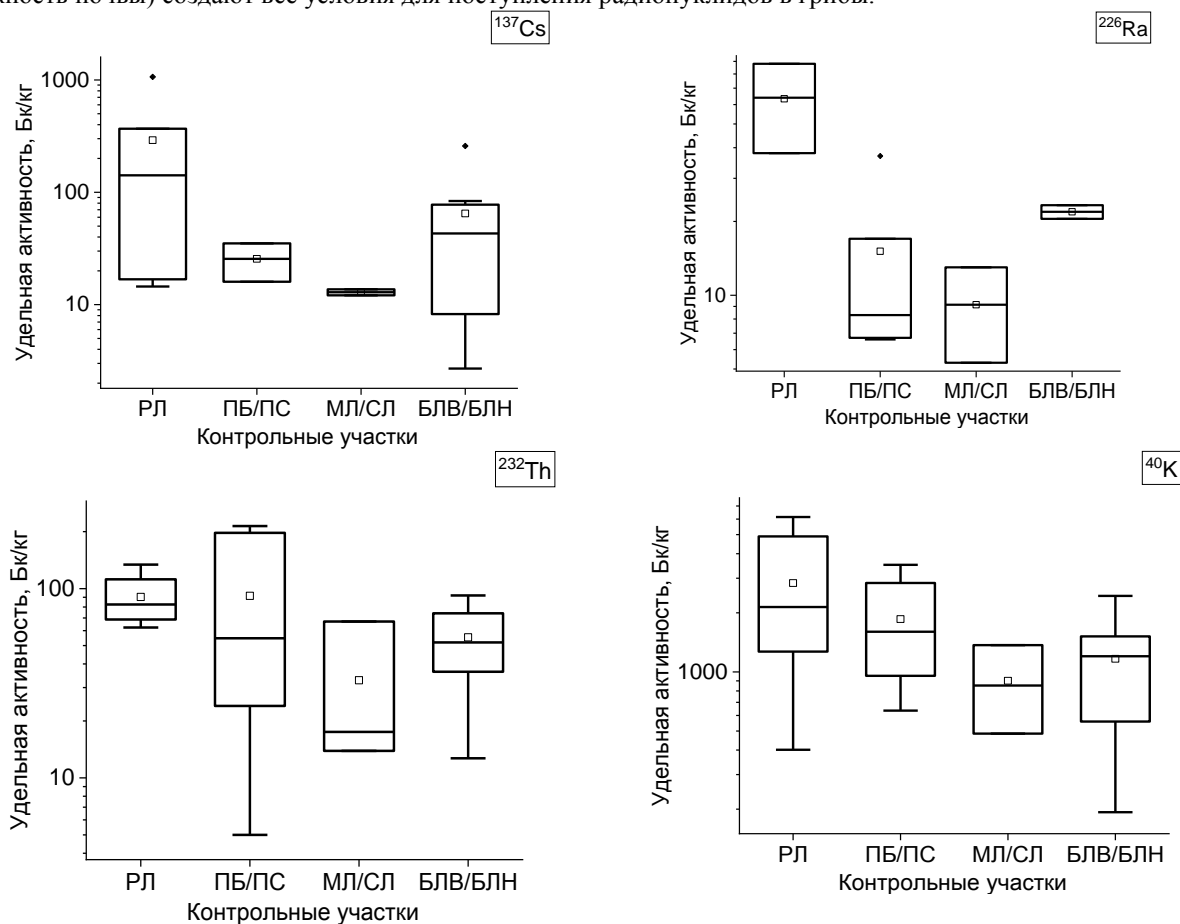


рис. 2 Распределение радионуклидов в грибах по контрольным участкам Республики Адыгея

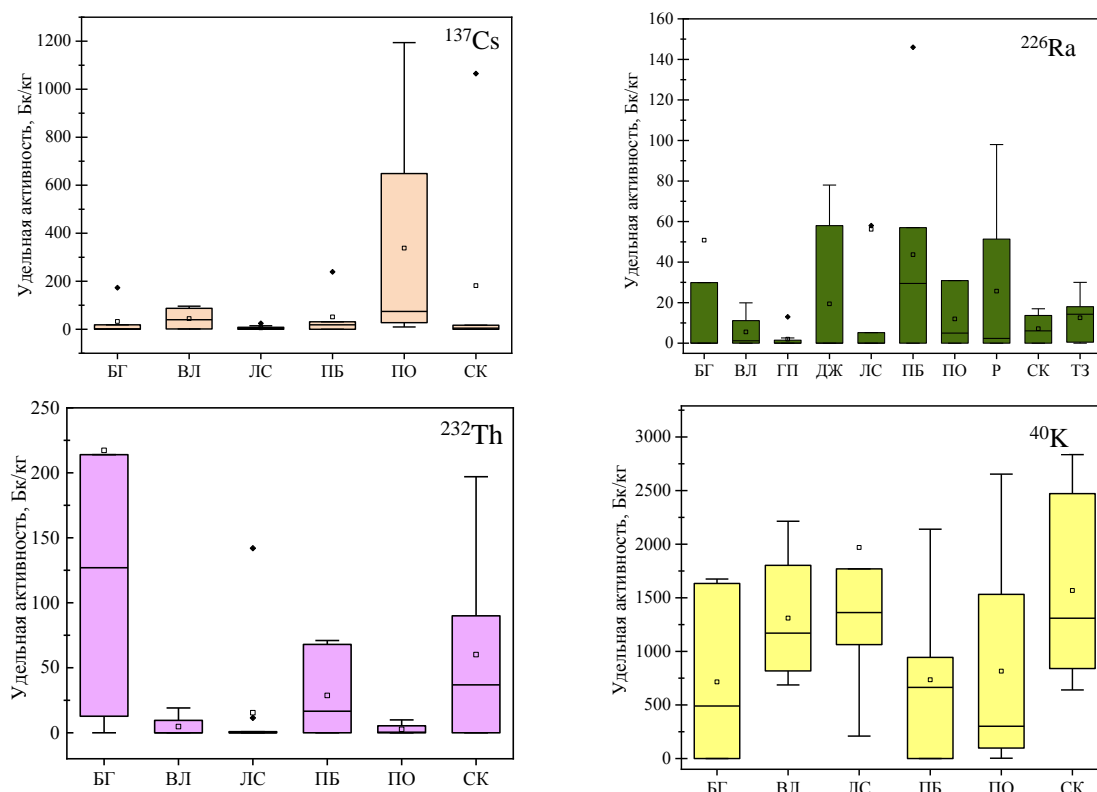


рис. 3. Распределение радионуклидов в грибах Адыгеи: БГ – белый гриб, ВЛ – валуй, ЛС – лисички, ПБ – подберезовик, ПО – подосиновик, СК – сыроежка красная

Анализ распределения удельной активности радионуклидов в различных видах грибов показал, что максимальной удельной активностью ^{137}Cs характеризуются подосиновики – до 1200 Бк/кг (рис. 3). Минимальная удельная активность ^{137}Cs отмечается в лисичках. В исследуемых пробах грибов отмечается высокая концентрация ^{40}K и ^{232}Th , особенно интенсивно данные изотопы накапливают сыроежки. Хочется отметить, что содержание ^{40}K во всех исследуемых образцах грибов превышает значения удельной активности верхнего слоя почв исследуемой территории в 1,5–2 раза. Содержание ^{226}Ra повышенное во всех исследуемых образцах, это может быть связано с тем, что в регионе распространены подстилающие породы с высоким содержанием радионуклидов ряда урана и значительным калиевым метасоматозом (например, граниты). Почвы достаточно каменистые и грибы могут механически загрязняться радионуклидами с частицами почвы. Также следует принимать во внимание, что данный регион активно используется населением для сбора дикорастущих грибов. И с учетом того, что плодовое тело гриба живет, в среднем, от нескольких дней до нескольких недель – лисички и грузди, в своей массе собирались 2–5-дневные, сыроежки, подберезовики, белые грибы и подосиновики встречались, как правило, достаточно старые. Поэтому при анализе степени накопления радионуклидов грибами стоит учитывать еще и возраст гриба.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности 2023 г.). Проект № FENW-2023-0010/(Г30110/23-11-ИФ)

Оценка влияния Новочеркасской ГРЭС на радиационную обстановку Октябрьского района Ростовской области

Дубров Никита Иванович
Южный федеральный университет
Бураева Елена Анатольевна, к.х.н.
nikita.dubrov@bk.ru

Исследований по радиационной обстановке на территориях сельских поселений в районе расположения станций или каких-либо других предприятий всегда будет не хватать из-за малозначительности отдалённых малонаселённых пунктов. Однако они имеют большое значение, так как ТЭС, широко использующие горючие

ископаемые, влияют на окружающую среду и населенные пункты. Поэтому данная работа сможет помочь оценке влияния предприятий топливной энергетики на радиационную обстановку.

Город Новочеркасск и Октябрьский район Ростовской области, находящиеся в зоне влияния Новочеркасской ГРЭС, являются одними из самых экологически неблагополучных территорий Ростовской области. Радиационный фон (мощность эквивалентной дозы гамма-излучения, МЭД) в г. Новочеркасске, в том числе в районе размещения различных крупных предприятий находится в диапазоне от 0,10 до 0,15 мкЗв/ч. При этом большая часть данных за несколько лет варьируется в районе 0,15 мкЗв/ч. Значения гамма-фона не превышают в НРБ-99/2009, равные 0,3 мкЗв/ч, а многолетний мониторинг показал, что МЭД держится примерно на одном уровне. Хотя сам Новочеркасск находится в зоне риска повышения концентраций отравляющих веществ. Основным источником загрязнения окружающей среды являются выбросы предприятий (тяжелые металлы и радионуклиды), которые попадают в почву [1-4].

В данной работе проведен анализ данных МЭД, полученных на территории сельских поселений Октябрьского района в районе расположения Новочеркасской ГРЭС Ростовской области. Гамма-фон измеряли на высоте 100 см от поверхности почвы. Использовали дозиметр-радиометр СРП-88Н. Методики измерений гамма-фона на открытой местности и в жилых помещениях применялись стандартные [5-8].

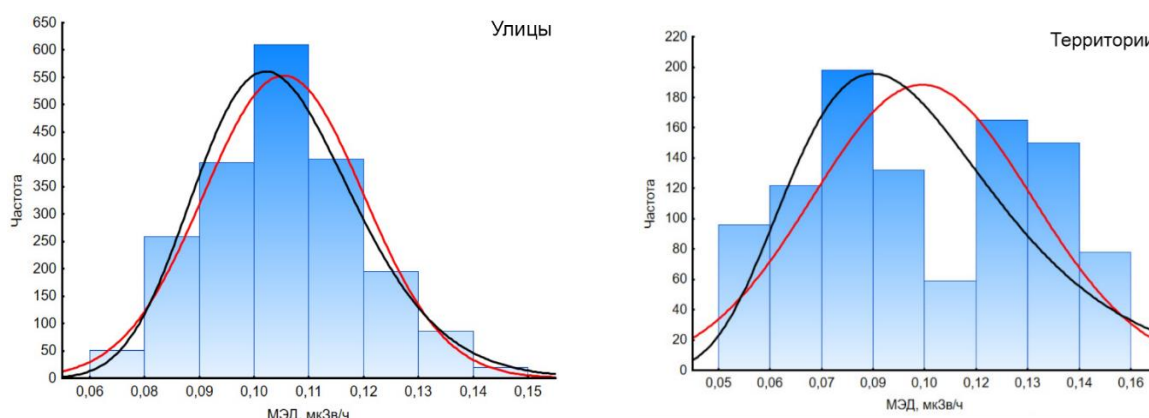


рис. 1. МЭД на улицах и территориях поселений Октябрьского района

Параметр	Улицы	Территории
Минимум, мкЗв/ч	0,065	0,046
Максимум, мкЗв/ч	0,149	0,157
Среднее арифметическое, мкЗв/ч	0,102	0,100
Среднее геометрическое, мкЗв/ч	0,107	0,096
Медиана, мкЗв/ч	0,103	0,095
Мода, мкЗв/ч	0,103	0,076
Стандартная ошибка, мкЗв/ч	0,0003	0,0009
Стандартное отклонение, мкЗв/ч	0,015	0,029
Дисперсия выборки	0,0002	0,0009
Экцесс	-0,170	-1,234
Асимметричность	0,224	0,068
Распределение Колмогорова-Смирнова D/D _{табл}	0,056/0,030	0,114/0,043
Количество измерений, шт	2016	1000

В целом гамма-фон в регионе исследования характерен для Ростовской области, соответствует Нормам радиационной безопасности Российской Федерации (НРБ-99/2009) [9-10].

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности 2023 г.). Проект № FENW-2023-0010/(ГЗ0110/23-11-ИФ).

Список публикаций:

[1]. Дергачева А. В. И др. МЭД гамма-излучения в районе предприятия топливной энергетики в г. Новочеркасск, Ростовская область. // Материалы XII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» – 2020.

- [2]. Михайлова Т. А. и др. Особенности распределения естественных и искусственных радионуклидов в системе почва-растения на территории Новочеркасской ГРЭС. // Материалы XII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» – 2020.
- [3]. Горбунов А. С. И др. Радиационная обстановка в г. Новочеркасске Ростовской области. // Открытый конкурс исследовательских лабораторий ЮФУ – 2020.
- [4]. Федченко Т. М. и др. Содержание и распределение радионуклидов в почвах территории Новочеркасской ГРЭС. // Фундаментальные исследования. – 2013. – №11 (часть 3) – С. 488-492.
- [5]. МВК 2.2.3(50)-11 Методика дозиметрического контроля территории на участках застройки – М.: ВНИИ ФТРИ, 2011. – 15с.
- [6]. МУ 2.6.2398-08 Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного назначения в части обеспечения радиационной безопасности // М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2009. 27с.
- [7]. МВК 5.6(38)-11 Методика дозиметрического контроля объектов, содержащих ЕРН // Ростовна-Дону: типография ЮФУ, 2011. – 13с.
- [8]. ЖШП.289.386 ПС Прибор геологоразведочный сцинтилляционный СРП-88Н. Паспорт.
- [9]. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) // Министерство юстиции Российской Федерации. 2009.
- [10]. СанПиН 2.6.1.2612-10 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010) // Министерство юстиции Российской Федерации. 2010.

Особенности распределения гамма-фона в малых и средних городах Ростовской области

Калашикова Карина Александровна
Южный федеральный университет

Бураева Елена Анатольевна, к.х.н.

kalashnikoa.karina@mail.ru

В современном мире как никогда необходимо следить за радиационной обстановкой. Радиационный мониторинг является неотъемлемой частью экологического мониторинга и позволяет отслеживать состояние окружающей среды под воздействием ионизирующего излучения. Данные мероприятия проводятся с целью предупреждения негативного воздействия ионизирующего излучения – излучения, приводящего к образованию ионов разных знаков. Главная задача отслеживания радиационной обстановки на открытых территориях – обеспечение безопасного проживания населения.

В работе гамма-фон (мощность эквивалентной дозы гамма-излучения, МЭД, мкЗв/ч) исследовался в 13 малых и средних городах Ростовской области, приведенных ниже в таблице: А-Азов, АК-Акса́й, Б-Бата́йск, Д-Донецк, ВД-Волгодонск, С-Сальск, НШ-Новошахтинск, Т-Таганрог, НЧ-Новочеркасск, БК-Белая Калитва, КШ-Каменск-Шахтинский, СК-Семикаракорск, Ш-Шахты. Измерения МЭД проводились дозиметрами-радиометрами ДРБП-03 и ДКС-96 с блоком детектирования 96с методом пешеходной гамма-съемки на высоте 100 сантиметров от поверхности земли.

Параметр, мкЗв/ч	А	АК	Б	Д	ВД	С	НШ	Т	НЧ	БК	КШ	СК	Ш
Минимум	0,01	0,01	0,02	0,05	0,01	0,02	0,04	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
Максимум	0,3	0,51	0,3	0,3	0,4	0,3	0,26	0,24	0,23	0,19	0,22	0,20	0,25
Среднее	0,14	0,13	0,13	0,18	0,1	0,13	0,15	0,14	0,11	0,10	0,12	0,11	0,13
Стандартная ошибка	0,001	0,002	0,0023	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002
Медиана	0,14	0,14	0,14	0,18	0,1	0,14	0,15	0,15	0,12	0,10	0,12	0,11	0,13
Мода	0,1	0,12	0,18	0,17	0,09	0,18	0,11	0,1	0,07	0,07	0,07	0,05	0,03
Стандартное отклонение	0,04	0,05	0,07	0,04	0,04	0,07	0,04	0,04	0,049	0,05	0,06	0,05	0,07
Дисперсия выборки	0,002	0,003	0,005	0,002	0,001	0,0059	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,005

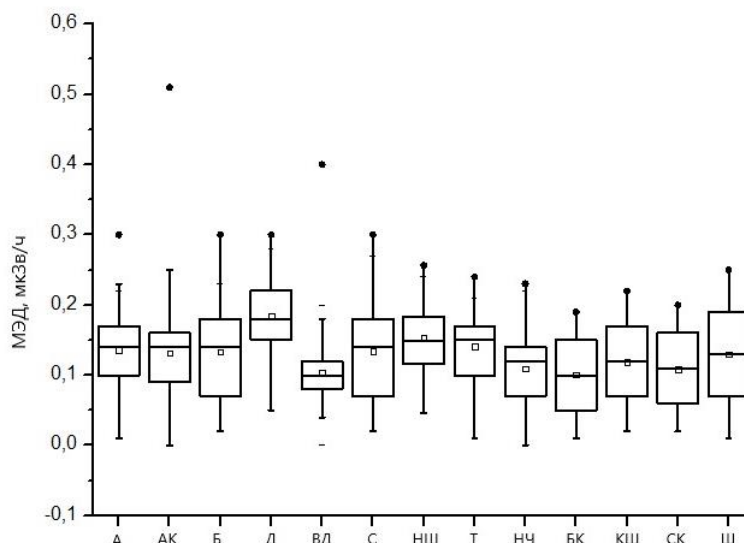


рис.1. Распределение МЭД в малых и средних городах Ростовской области

Как видно из таблицы – максимальная МЭД гамма-излучения зафиксирована в Донецке. Это может быть обусловлено как наличием угольных месторождений в непосредственной близости (добыча угля может сопровождаться повышением радиации за счет выноса на поверхность пород глубокого залегания с повышенным содержанием естественных радионуклидов). Не исключено использование стройматериалов с повышенным содержанием радионуклидов. Также хочется отметить, что в городе Волгодонске прослеживается самое низкое значение МЭД. А это значит, что наличие атомной электростанции не влияет на радиологическую обстановку в Ростовской области.

В целом, значения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения сопоставимы с Нормами радиационной безопасности (НРБ-99/2009) и характерны для Ростовской области.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности 2023 г.). Проект № FENW-2023-0010/(Г30110/23-11-ИФ).

Список публикаций:

[1] ТЕ1.415313.003РЭ Дозиметры-радиометры ДКС-96. Паспорт. Руководство по эксплуатации

[2] ГКПС 14. 00.00.000 ПС. Дозиметр-радиометр ДРБП-03 с блоками детектирования БДГ-01 и БДБА-02. Паспорт (Техническое описание, инструкция по эксплуатации, формуляр).

Удельная активность ^{137}Cs в почвах Ростовской области на территориях с различной антропогенной нагрузкой

Маломыжева Наталья Викторовна

Швецова Дарья Алексеевна

Южный федеральный университет

Бураева Елена Анатольевна, к.х.н.

llia.2013@yandex.ru

Почва является одним из важнейших компонентов биосферы, которые обеспечивает существование живых организмов, в том числе и жизнь человека, и растений. Содержание радионуклидов в почвах определяют для оценки радиоактивности окружающей среды [1], определения уровня загрязненности почвенных экосистем [2], в мониторинговых исследованиях объектов в различных странах [3]. Определение радиоактивности почв промышленно-городских (ПГТ) и особо охраняемых природных (ООПТ) территорий необходимо для выявления зон с повышенным уровнем содержания радионуклидов.

Целью данной работы является проведение радиоэкологического исследования почв на промышленно-городских и особо охраняемых природных территориях Ростовской области для выявления зон с повышенным уровнем содержания искусственных радионуклидов в объектах окружающей среды на примере ^{137}Cs .

К ООПТ Ростовской области были отнесены урочища «Черная Балка» и «Каменная Балка», Приазовская заповедная степь, Персиановская заповедная степь, биосферный заповедник «Ростовский». К ПГТ – четыре крупных промышленных города Ростовской области: г. Ростов-на-Дону (РНД), г. Новочеркасск (НВЧ), г. Волгодонск (ВЛД), г. Таганрог (ТГ). Пробы почв отбирались с помощью механических приборов сбора проб и по установленной стандартной схеме. Методики гамма-спектрометрии соответствовали руководству, действующим ГОСТ и методическим указаниям.

В ходе работы, используя непараметрический критерий Колмогорова-Смирнова, было показано, что при уровне значимости 0,05 распределение удельной активности ^{137}Cs на ПГТ и ООПТ не подчиняется нормальному закону (рис. 1).

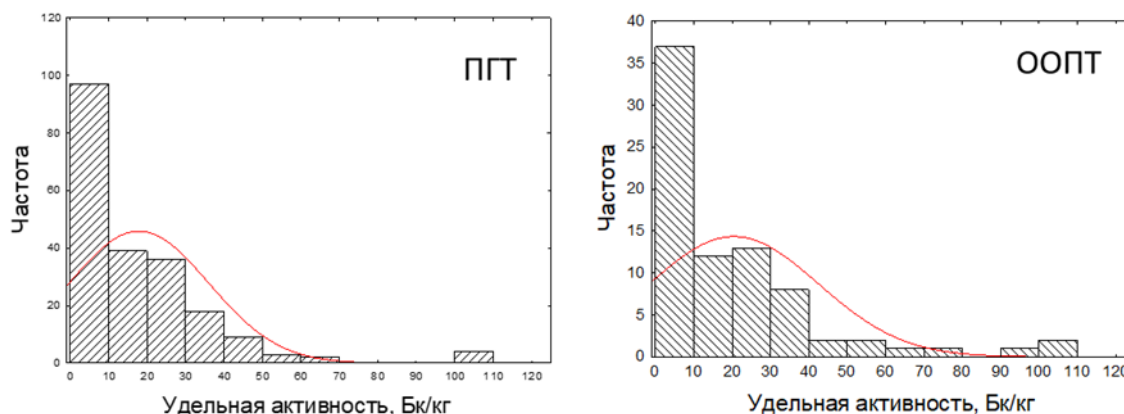


рис. 1. Распределение удельной активности ^{137}Cs на территориях Ростовской области с различной степенью антропогенного влияния

В целом данный радионуклид распределен в почвах ПГТ и ООПТ Ростовской области неравномерно вследствие неравномерного выпадения данного радионуклида после аварии на Чернобыльской АЭС. Используя преобразования Бокса-Кокса для статистической обработки данных и проведя анализ на соответствие нормальному закону распределения преобразованных данных удельной активности ^{137}Cs было установлено, что в верхнем слое почв ООПТ и ПГТ Ростовской области средняя удельная активность радиоцезия составляет 12,9 и 11,7 Бк/кг соответственно и являются статистически равными с 95% вероятностью.

Зафиксированные достаточно высокие удельные активности (в 3–10 раз превышающие средние значения) требуют отдельного детального анализа. Наличие участков с повышенными концентрациями радиоцезия не оказывает значимого влияния на радиационную безопасность населения и окружающей среды и не влияет на мощность эквивалентной дозы гамма-излучения на территории Ростовской области [4].

Проведенное радиоэкологическое исследование почв на промышленно-городских и особо охраняемых природных территориях Ростовской области показывает однородное распределение искусственного радионуклида ^{137}Cs в почвах с различной антропогенной нагрузкой.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности 2023 г.). Проект № FENW-2023-0010/(Г30110/23-11-ИФ).

Список публикаций:

- [1] A. Chandrasekaran, R. Ravisankar, G. Senthilkumar, K. Thillaivelavan, B. Dhinakaran, P. Vijayagopal, S.N. Bramha, B. Venkatraman. Spatial distribution and lifetime cancer risk due to gamma radioactivity in Yelagiri Hills, Tamilnadu, India. // *Egyptian journal of basic and applied sciences*. – 2014. – №47. – P. 1–11.
- [2] G. Wallova, N. Kandler, G. Wallner. Monitoring of radionuclides in soil and bone samples from Austria. // *Journal of Environmental Radioactivity*. – 2012. – №107. – P. 44–50.
- [3] A. A. Kolapo, A. Kazeem B. Adeniyi, C. Adejumobi. Determination of natural radioactivity and hazard in soil samples in and around gold mining area in Itagunmodi, south-western, Nigeria. // *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*. – 2014. – №7. – P. 249–255.
- [4] 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., Гузлев К.А., Толтыгин И.Е., Мартыненко С.В. Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения природных и урбанизированных территорий Северного Кавказа // *Фундаментальные исследования*. 2013. №10 (часть 5). С. 1073–1077.

Использование биолюминесцентных систем для мониторинга воздействия гуминовых веществ на радиоактивные растворы

Медведев Вадим Викторович

Семенова Александра Алексеевна, Соловьёв Влад Сергеевич

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Сачкова Анна Сергеевна, к.б.н.

vvm54@tpu.ru

Загрязнение окружающей среды радиотоксичными соединениями диктует необходимость контроля концентрации этого элемента в природных водах до допустимых пределов [1]. Опасность альфа-излучающего нитрата уранила, как внешнего источника облучения невысока, однако, при попадании внутрь организма, он может вызывать прямые (непосредственно ионизация молекул) и косвенные (радиолиз воды и последующее взаимодействие продуктов радиолиза с клеточными структурами) биоэффекты. Уран в виде ионов уранила практически необратимо связывается с сульфгидрильными группами аминокислотных остатков белков, что приводит к их инактивации. Торий, как химический элемент, может проявлять химическую токсичность, так как является тяжелым металлом, радиационную – как альфа-излучатель, и также, как и уран вносит вклад в естественный фон облучения организмов.

Перспективными биоактивными агентами для снижения токсичности как химической, так и радиационной, являются гуминовые вещества (ГВ).

Биолюминесцентный анализ является не только одним из перспективных экспрессных методов биологического мониторинга водной среды [2], но и методом с помощью которого можно изучать механизмы снижения токсичности поллютантов [3]. В работе использовали люминесцентную систему двух сопряженных реакций, катализируемых ферментами NAD(P)H:FMN-оксидоредуктазой и люциферазой. Данную систему можно назвать моделью живой клетки и косвенно судить о состоянии организма по изменениям параметров.

Было исследовано влияния нитрата уранила и нитрата тория на скорость окисления NADH – восстановителя люминесцентной системы двух сопряженных реакций, катализируемых ферментами NAD(P)H:FMN-оксидоредуктазой и люциферазой, а также исследованы механизмы снижения токсичности растворов U^{238} и Th гуминовыми веществами.

Работа выполнена на спектрофотометрах ПЭ - 5400ВИ ЭКРОС и UVIKON-943 [3]. Проводили измерения скорости окисления NADH в реакционных смесях разного состава при длине волны 340 нм. Порядок реакции считаем псевдопервым. Изменение скорости окисления NADH определяли через отношение изменение концентрации по времени.

Влияние U^{238} на скорость окисления NADH изучали с использованием растворов различного состава. Так добавление растворов нитрата уранила, как в первую, так и во вторую систему приводит к снижению скорости процесса. Скорость автоокисления NADH снизилась в 2 раза (2,65 против 5,31 (моль /л)·мин), а скорость биохимической реакции NADH + FMN в 3,85 раз (2,46 против 9,67 (моль /л)·мин).

Добавление растворов нитрата уранила как к раствору NADH, так и к смеси NADH + FMN приводило к снижению скоростей процессов. Так, скорость автоокисления NADH снизилась в 2,26 раза, а скорость биохимической реакции NADH + FMN в 2,6 раза. Известно, что в роль металла в используемой соли урана выполняет катион уранила $[UO_2]^{2+}$. Ранее, коллегами из Института биофизики СО РАН города Красноярска было показано, что уран приводит к снижению интенсивности биолюминесценции, что свидетельствует о его токсическом воздействии даже при малых концентрациях.

В растворе тория скорость окисления NADH увеличивается в 3,3 и 1,5 раза (в отсутствии и присутствии ГВ, соответственно). Увеличение скорости реакции может быть следствием взаимодействия НАДН с ионами тория и реакцией на ионизацию среды в результате альфа- излучение.

Стоит отметить, что ГВ снижают токсичность раствора урана. Для ГВ снижение токсичности произошло в 1,7 раза. Снижение скорости процесса при добавлении растворов нитрата уранила может быть связано как с радиационными, так и с химическими механизмами токсического воздействия уранил-иона. Снижение токсического эффекта в присутствии ГВ предположительно связано с тем, что ГВ и фуллеренол работают как катализатор внутренних окислительно-восстановительных процессов. Присутствие ГВ снижает влияние и ионов тория на скорость процесса. Причиной может служить связывание тория в комплексы и перепоглощение энергии макромолекулами детоксиканта.

Таким образом, было определено влияние нитрата уранила и тория на скорость биохимических процессов биолюминесцентной системы, катализируемой NAD(P)H:FMN-оксидоредуктазой и люциферазой.

Показана перспективность использования ГВ и $C_{60,70}(OH)_{20-24}$ в качестве детоксикантов растворов нитрата уранила.

Список публикаций:

[1] Орумо К., Елохин А. П., Ксенофонтов А. И. // *Глобальная ядерная безопасность*. 2020. Т. 35. № 2. С. 16-41.

[2] Безруких А.Е., Есимбекова Е.Н., Кратасюк В.А. // *Journal of Siberian Federal University. Biology*. 2011. Т. 4. № 1. С. 64-72.

[3] Колесник О.В., Рожко Т.В., Лапина М.А., Соловьёв В.С., Сачкова А.С., Кадрьшьева Н.С. // *MDPI. Bioengineering*. 2021. Т. 8. № 194. С. 1–13.

Радиоэкологический мониторинг на территориях городских округов Краснодарского края

Плахотняя Дарья Павловна

Сенин Илья Николаевич, Шульга Всеволод Владимирович

Южный федеральный университет

Бураева Елена Анатольевна, к.х.н.

dplakhotnyaya@bk.ru

Возобновившийся интерес к ядерной энергетике, как источнику энергии с низким уровнем выбросов углерода, вкупе с озабоченностью по поводу прошлых и потенциальных ядерных аварий диктуют, что выяснение воздействия радионуклидов на окружающую среду является глобальной проблемой. Поэтому исходя из полученных результатов, можно будет сделать выводы для районов и условий, которые будут наиболее благоприятны для жизнедеятельности человека.

Краснодарский край имеет достаточно сложную и разнообразную структуру местности: от степных пахотных угодий до высокогорных районов. Ландшафт данного региона, погодные условия и климатические ресурсы позволяют проводить объемные исследования, которые могут показать широкий диапазон значений концентраций радионуклидов и естественного радиационного фона при различных условиях.

Пешеходная гамма-съёмка проводилась в жилых зонах городов: Краснодара, Сочи, Новороссийска, Анапы и Горячего Ключа. Сбор данных гамма-фона проводился дозиметром-радиометром ДКС-96.

По результатам гамма-дозиметрии было установлено, что среднее значение МЭД в г. Анапа составляет 0,11 мкЗв/ч, в г. Краснодар – 0,14 мкЗв/ч, в г. Сочи – 0,12 мкЗв/ч, в г. Новороссийск – 0,10 мкЗв/ч и в г. Горячий Ключ – 0,08 мкЗв/ч. Стоит отметить, что в городе Горячий Ключ МЭД несколько ниже, чем в остальных исследуемых населенных пунктах, что может быть обусловлено тем, что данный городской округ расположен в предгорной местности, что не предполагает возделывание пашен или строительство особо крупных промышленных предприятий.

В целом различные факторы, такие как количество предприятий, географическое расположение самих объектов, особенности рельефа и пр., в настоящее время не оказывают значительного влияния на уровень гамма-фона и не приводят к ухудшению радиоэкологической обстановки территорий.

Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения на городских территориях Краснодарского края варьируется в пределах от 0,08 до 0,14 мкЗв/ч, что не превышает допустимый гамма-фон установленный “Нормами радиационной безопасности”[1].

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности 2023 г.). Проект № FENW-2023-0010/(Г30110/23-11-ИФ).

Список публикаций:

[1] 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.

Исследование радиационной опасности углей, применяемых в системах твердотопливного отопления в Приморском

Полянский Дмитрий Александрович

Зайкова Юлия Сергеевна

Дальневосточный федеральный университет

polyanskiy.da@dvfu.ru

В последнее время в связи с широким распространением индивидуального жилищного строительства в Приморском крае и применением для отопления данных строений твердотопливных котлов становится актуальным вопрос об уровне радиационной опасности углей и получаемой золы, а также их потенциальном влиянии на проживающих в этих строениях.

Формирование естественной радиоактивности угля происходит при помощи радионуклидов природного происхождения, содержащихся в нем. Это элементы уранового, актиниевого и ториевого рядов, а также долгоживущий высокоактивный радионуклид калий-40. Несмотря на то, что уран в меньшей степени содержится в земной коре, чем торий, он достаточно широко рассеивается, так как в окислительных условиях земной поверхности находится в виде соединений, имеющих высокую растворимость. Известно, что среднее содержание радиоактивных веществ в угле приблизительно совпадает с гранитными кларками. Существуют достаточно значимые различия в концентрации радиоактивных веществ, содержащихся в разных углях. Содержание радионуклидов может быть увеличено из-за внесения урана. Например, уголь, добываемый в Подмоскowie, содержит уран в концентрации примерно 9,15 г/т, а торий – 11,65 г/т. Радиоактивность летучей золы и шлака, которые образуются в результате сгорания этого угля, составляет более 370 Бк/кг (иногда значение радиоактивности достигает 520 Бк/кг). При этом радиоактивность после сжигания углей, месторождением которых является Кузнецкий угольный бассейн, колеблется в пределах 20–40 Бк/кг. По мере выработки месторождения концентрация радионуклидов в угле может меняться.

В работе были исследованы угли, доступные для отопления частных домов в исследуемом районе – двух местных месторождений – Липовецкое и Липовецкое, двух сибирских – Черногорское (республика Хакасия) и Бородинское (Красноярский край). Сжигание контрольных партий проводилось в котле Dakon DOR 32, дозиметрические и радиометрические исследования исходных углей и продуктов сгорания проводились с помощью радиометра МКС-01СА1М.

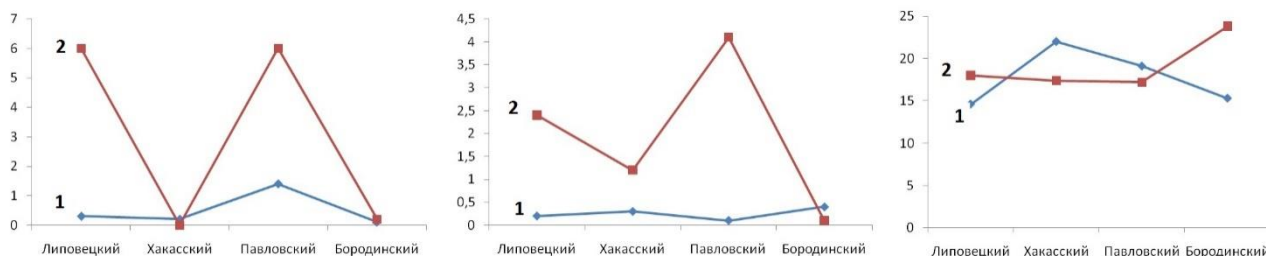


рис. 1. Поток альфа-частиц, $1/\text{см}^2 \cdot \text{мин}$, (а), бета-частиц, $1/\text{см}^2 \cdot \text{мин}$, (б), экспозиционная доза, мкР/ч, (в) от исследуемых углей (1) и продуктов их сгорания (2)

В плане альфа- и бета-активности значимыми оказались показатели продуктов сгорания углей приморских месторождений. Это позволяет предположить наличие в местных углях тяжёлых элементов, являющимися источниками альфа-излучения.

Измерение экспозиционной дозы показало обратную картину. Приморские угли показали значения, близкие для угля и золы, имеющие небольшой разрыв и не превышающие 20 мкР/ч (фон в лаборатории, где проводились измерения, составлял 12 мкР/ч). А вот сибирские дают повод задуматься. Хакасский уголь показал значение экспозиционной дозы более чем на 20% превышающее значение, создаваемое его же золой. Такое возможно в случае, если в нём присутствуют гамма-активные элементы, уносимые с летучей фракцией золы. Уголь Бородинского месторождения, наоборот, показывает значение экспозиционной дозы, создаваемой золой, на 50% большее, чем у исходного угля. Такое возможно, когда гамма-активные изотопы по большей части остаются в тяжёлой, нелетучей фракции золы.

Возможность применения легких водородосодержащих материалов в качестве биологической защиты от нейтронного излучения

Рудников Никита Андреевич

Чуприков Александр Иванович, Кузнецов Михаил Сергеевич, Долматов Олег Юрьевич

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Кузнецов Михаил Сергеевич

nar11@tpu.ru

В настоящее время ядерные технологии, ядерная энергетика приобретают все большую роль в повседневной жизни каждого человека. С развитием данной отрасли возросли и требования к радиационной безопасности человека.

В данной работе представлена возможность применения легких водородосодержащих материалов в качестве биологической защиты от нейтронного излучения.

Для ослабления нейтронного излучения, при помощи полиэтиленовой призмы с Pu-Be источником, были оценены замедляющие способности таких материалов, как: пенополистирол и монтажная пена. Экспериментально полученные транспортные макроскопические сечения монтажной пены составили $0,00057 \text{ см}^{-1}$ для быстрых и $0,015 \text{ см}^{-1}$ для тепловых нейтронов. Макросечение для пенополистирола для тепловых нейтронов составило $0,0036 \text{ см}^{-1}$, замедление быстрых нейтронов в объеме материала не происходит.

В качестве улучшения защитных свойств рассматриваемых материалов было предложено добавление борной кислоты в объем монтажной пены с параллельным увеличением объемной плотности с 25 кг/м^3 до 35 кг/м^3 , по результатам эксперимента замедляющая способность увеличилась в 278 раз для быстрых нейтронов и в 20 раз для тепловых. Помимо этого, были изготовлены более плотные, борированные защитные блоки из пенополиуретана, с объемной плотностью 200 кг/м^3 , транспортное макроскопическое сечение которых составило $0,18 \text{ см}^{-1}$ для быстрых и $0,35 \text{ см}^{-1}$ для тепловых нейтронов.

Для наиболее перспективного материала – пенополиуретана было проведено обоснование по использованию полученного материала, включающее серию экспериментов по определению наличия или отсутствия вторичного гамма-излучения и наведенной активности, так же было выполнено обоснование экономической выгоды применения исследуемого материала. В результате экспериментов наличия вторичного гамма излучения и наведенной активности обнаружено не было. Пример созданного блока из борированного пенополиуретана приведен на *рис. 1*.



рис.1. Пример образца из борированного пенополиуретана

Таким образом, по результатам серий проведенных экспериментов были сделаны выводы о возможности применения борированного пенополиуретана в качестве биологической защиты от нейтронного излучения спектра Pu-Be источника.

Мониторинг радиационной обстановки в зоне наблюдения Ростовской АЭС

Сайфудинов Тимур Каноатшохович
Южный федеральный университет
Бураева Елена Анатольевна, к.х.н.
tima.saufydionv2001@gmail.com

На территории Ростовской области проживает около 4 миллионов человек. Ростовская область благодаря наличию умеренного климата и чернозема является крупным производителем и экспортером сельхозпродукции в другие субъекты Российской Федерации. Однако на ее территории расположены ряд объектов ядерно-топливного цикла, к которым относится Ростовская АЭС (РоАЭС), функционирующая с 2001 года. С 2000 года сотрудниками и студентами Южного федерального университета проводится ежегодный радиационный мониторинг в рамках независимых исследований.

Как правило, распределение гамма-фона на контрольных участках (КУ) зоны наблюдения Ростовской АЭС достаточно равномерное, при этом видно, что оно не имеет строго нормального распределения, также распределение МЭД не подчиняется строго нормальному и логнормальному закону распределению (рис. 1).

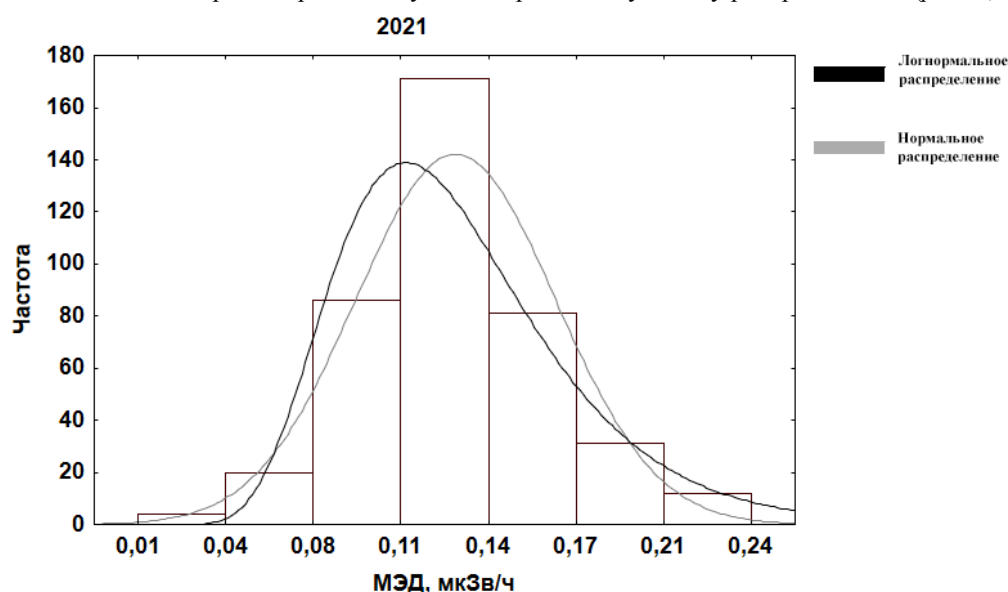


рис. 1. Распределение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения на высоте 100 см в 2021 году

Распределение МЭД гамма-излучения в предпусковой год и в 2021 году варьируется в широком диапазоне, но соответствуют Нормам радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Следовательно, расположенная в 16 километрах от г. Волгодонска Ростовская АЭС не ухудшает радиоэкологическую обстановку.

Основным источником гамма-фона в почвах являются продукты распада ^{137}Cs . Радиоцезий образовался во время ядерных испытаний и аварии на ЧАЭС, кроме этого, он имеет период полураспада 30,2 г, поэтому с момента начала мониторинга на площадке РоАЭС можно ожидать постепенное понижение фона, что отчетливо видно вследствие распада ^{137}Cs (рис. 2). Это подтверждается не только нашими исследованиями, но и измерениями на пунктах АСКРО, данными НПП Тайфун и сторонними исследованиями.

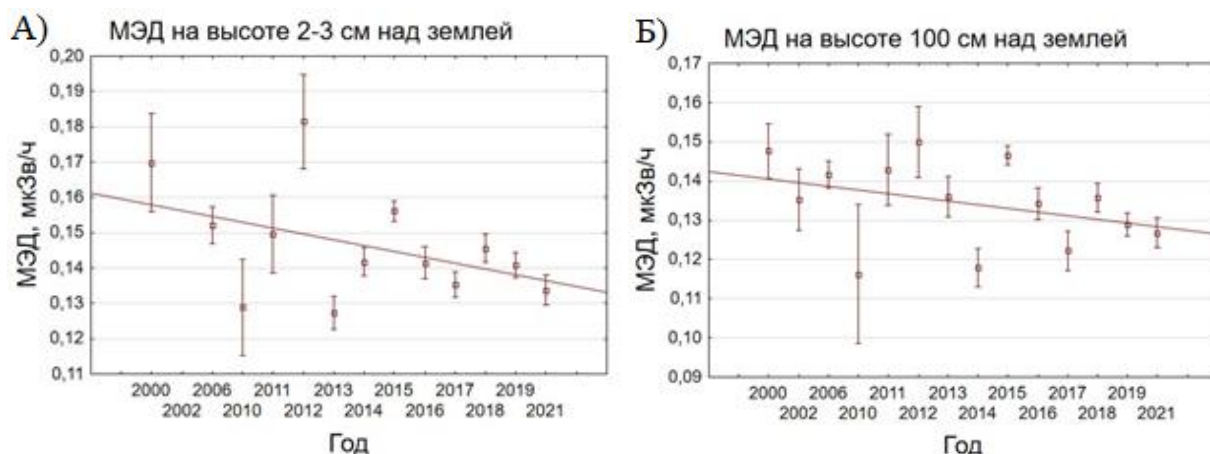


рис. 2. Динамика изменения гамма-фона на высоте 2–3 см и на 100 см

Также было обнаружено, что МЭД на поверхности и на глубинке отличается в среднем на 0,03 мкЗв/ч. Сдвиг обусловлен тем, что концентрация цезия у поверхности больше, чем в глубине, так как цезий способен легко переходить в растворенную форму, в данном случае в состав глины.

Таким образом за весь период мониторинга начиная с 2000 и по 2021 год МЭД не превышает 0,15 мкЗв/ч, так называемый «нулевой фон», определенный в экспедиции 2000 года. Было установлено, что гамма-фон на КУ непрерывно уменьшается, что обусловлено в первую очередь распадом ^{137}Cs . Гамма-фон на всех КУ варьируется в пределах 0,12–0,15 мкЗв/ч. Основным результатом длительного мониторинга зоны наблюдения Ростовской АЭС является подтверждение отсутствия влияния работы АЭС на окружающую среду.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности 2023 г.). Проект № FENW-2023-0010/(Г30110/23-11-ИФ).

Список публикаций:

[1] Анализ результатов радиологического мониторинга в регионе размещения Ленинградской АЭС / В. К. Кузнецов, П.Н. Цыгвинцев, Н.И. Сан-жарова, А. В. Панов // *Радиация и риск.* – 2021. – Т. 30, № 2. – с. 89–100. doi: 10.21870/0131-3878–2021-30-2-89-100

[2] Ежегодник «Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2020 году», Обнинск, 2021

Результаты оценок вертикальной компоненты скорости частиц выбросов промышленных предприятий

Тайлашева Ксения Алексеевна

Покровская Елена Александровна

Томский политехнический университет

Рыжакова Надежда Кирилловна, к.ф.-м.н.

kat14@tpu.ru

Выбросы промышленных предприятий, проходя через системы очистки перед поступлением в атмосферу, не очищаются полностью от мелкодисперсной пыли, содержащей различные химические элементы, в том числе тяжелые металлы. Особая опасность твердых частиц выбросов предприятий заключается в том, что они обладают способностью накапливаться в организме человека и окружающей среде. Тяжелые металлы даже в небольших концентрациях влияют практически на все системы организма, оказывая токсическое, аллергическое, канцерогенное, гонадотропное действие [1, 2]. Известно, что при длительном воздействии серьезную угрозу для здоровья человека даже при малых концентрациях представляют мелкодисперсные частицы сами по себе и особенно в комбинации с тяжелыми металлами и другими загрязнителями. Когда пыль попадает в органы дыхания, наблюдается максимально выраженный токсический эффект тяжелых металлов. Наибольшую опасность представляют субмикронные частицы пыли, которые способны достигать альвеол и адсорбироваться легкими. В связи с этим возникает повышенный интерес к содержанию мелкодисперсных частиц в воздухе.

Для изучения распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе широко применяется математическое моделирование. Одной из важнейших проблем моделирования является понимание физики

вертикальных перемещений мелкодисперсных частиц в приземном слое атмосферы. Вертикальная компонента скорости частиц выбросов промышленных предприятий определяет дальность их переноса и количество частиц, осевших на поверхность земли. В современных моделях перенос в вертикальном направлении описывается движением частиц в турбулентных потоках с учетом сил гравитации. Совпадение результатов моделирования с экспериментом удастся получить для устойчивых состояний атмосферы [3]. Однако в условиях атмосферной неустойчивости перемещение частиц в вертикальном направлении возможно также в восходящих или нисходящих конвективных потоках.

В работе проведены оценки средних значений вертикальной компоненты скорости мелкодисперсных частиц выбросов угольной ТЭЦ и алюминиевого завода. Необходимо отметить, что твердые частицы выбросов предприятий металлургического и теплоэнергетического цикла содержат тяжелые металлы в больших количествах, представляя угрозу для здоровья человека. Процесс движения частиц неправильной формы в приземном слое турбулентной атмосферы является очень сложным. Следовательно, представляется невозможным построить строгую математическую модель для его описания. В подобных случаях для решения практических задач используют эмпирические или полуэмпирические подходы.

Исследование проведено с помощью разработанного авторами полуэмпирического метода определения скорости перемещения мелкодисперсных частиц в вертикальном направлении [4]. Метод основан на решении обратной задачи переноса – определении параметров аналитического решения стационарного диффузионно-конвективного уравнения для точечного высотного источника по измеренному на высоте 1-2 м от поверхности земли горизонтальному профилю уровня загрязнения.

Выбросы крупных предприятий могут переноситься на расстояния более 10 км. При отдалении от источника загрязнения содержание примеси в атмосферном воздухе уменьшается, поэтому на больших расстояниях от предприятий количество загрязняющих веществ в воздухе будет сравнительно малым. Инструментальные методы измерения концентраций химических элементов в атмосферном воздухе в этом случае непригодны, так как для получения достоверных результатов необходим большой период экспозиции. Измерение горизонтального профиля уровня загрязнения в приземном слое атмосферы проведено с помощью метода мхов-биоиндикаторов, который обеспечивает необходимые времена экспозиции. Метод мхов-биоиндикаторов основан на сравнительном анализе концентраций химических элементов во мхах, отобранных на исследуемой и фоновой территориях, период экспозиции составляет от нескольких недель до нескольких лет.

Для исследования были выбраны Новосибирская ТЭЦ-5 и Красноярский алюминиевый завод (КраЗ). Планшеты с отобранным на условно чистой территории эпифитным мхом *Pylaisia polyantha* (Hedw.) были изготовлены и размещены на деревьях на различных расстояниях от исследуемых объектов. Направление размещения планшетов обусловлено отсутствием других крупных источников загрязнения, а также преимущественным направлением ветра на данной территории и доступностью точек размещения. В зоне влияния Новосибирской ТЭЦ-5 планшеты были размещены в северо-северо-восточном направлении, в зоне влияния Красноярского алюминиевого завода – в северном направлении; период экспозиции составил 8 месяцев.

Концентрации химических элементов, содержащихся в выбросах и накопленных за время экспозиции во мхах, измерены методами нейтронно-активационного анализа и атомно-эмиссионной спектроскопии. Природное содержание химических элементов в используемом виде мха измерено в фоновых образцах, отобранных на расстояниях 50 км и более от населенных территорий. Пробоподготовка мхов-трансплантатов к измерениям была проведена в соответствии с методикой [5].

Список публикаций:

[1] Luo P. и др. // *J. Hazard. Mater.* 2016. Т. 301. С. 504-511.

[2] Steiner S. M. и др. // *J. Appl. Soc. Sci.* 2021. DOI: 10.1177/19367244211001751.

[3] Pan Y., Chamecki M., Isard S. A. // *Boundary-layer Meteorol.* 2013. Т. 146. № 2. С. 235-256.

[4] Рыжакова Н. К. и др. Изучение физики вертикального переноса выбросов промышленных предприятий в приземном слое атмосферы // *Известия высших учебных заведений. Физика.* 2022. Т. 65. № 4. С. 143-149. 2022.

[5] Рыжакова Н. К. и др. Пространственное распределение химических элементов атмосферных выбросов угольной ТЭЦ // *Экология и промышленность России.* 2013. №. 1. С. 52-55.

Мониторинг загрязнения от угольной промышленности

Татаринцева Мария Алексеевна

Рогова Наталья Сергеевна, Рыжакова Надежда Кирилловна

Томский политехнический университет

Рогова Наталья Сергеевна

mat30@tpu.ru

Широко используемый в качестве источника энергии уголь сохраняет своё важное значение в энергетике, благодаря большим запасам и относительной дешевизне. Однако, уголь в качестве источника энергии имеет существенный недостаток – выбросы предприятий угольной промышленности и энергетики создают серьёзные риски для окружающей среды и здоровья человека [1,2]. Добыча, складирование угля, а также вскрышных и вмещающих пород, обогащение, переработка и сжигание угля сопровождаются выбросами ядовитых газов и твердых частиц (ТЧ), что приводит к загрязнению окружающей среды, в том числе воздуха.

Высокая опасность загрязнения воздуха субмикронными ТЧ выбросов обусловлена сравнительно высоким содержанием в них тяжелых металлов (ТМ) и других токсичных элементов, обладающих способностью накапливаться в почве, воде, биоте и организме человека, нанося вред его здоровью [3]. Определение ТМ рекомендуется производить в качестве индикаторных показателей степени загрязнения окружающей среды техногенными выбросами.

Многочисленные исследования показывают, что содержание и комбинации химических элементов сильно варьируются в зависимости от типа угля. Однако выявлена общая тенденция – большинство наиболее токсичных элементов (Cd, Pb, Hg, Fe, Cu, Zn, Al, As, Sb, Ti, Br, Zr, Ba, Co, Se) концентрируются в субмикронных частицах со значительным отношением поверхности к объему. Субмикронные частицы оказывают более вредное воздействие, чем супермикронные, поскольку имеют длительное время пребывания в воздухе и высокую вероятность осаждения в легких человека. Несмотря на сильную токсичность и канцерогенность обогащенных тяжелыми металлами субмикронных частиц выбросов предприятий угольной промышленности и энергетики, данных о загрязненности ТМ воздушных бассейнов соответствующих предприятий крайне мало. Во многом это объясняется обширностью территорий влияния крупных предприятий угольной промышленности и, соответственно, малостью концентраций твердых частиц выбросов. Как указано выше, большинством ТМ и других токсичных элементов обогащены субмикронные частицы, имеющие наибольший риск воздействия на окружающую среду и здоровье человека, но плохо улавливаемые фильтрами. Малость концентраций и размеров частиц выбросов приводит к тому, что традиционные инструментальные методы изучения загрязнения воздуха ТМ практически не пригодны.

Для определения уровня загрязнения ТМ атмосферного воздуха селитебных территорий в последние десятилетия развиваются методы биоиндикации. Сравнение содержания поллютантов в биоте фоновых и антропогенно нарушенных местообитаний является основой для качественной и количественной оценки степени загрязнения. Наибольшее распространение получили методы, основанные на использовании мхов и лишайников, обладающих высокими аккумуляционными свойствами и широким распространением в природе.

В подавляющем большинстве работ, посвященных изучению антропогенного загрязнения атмосферного воздуха выбросами угольной (и не только угольной) промышленности, приводятся данные о концентрациях ядовитых газов (SO₂, NO, NO₂, CO, CO₂ и т.п.), пыли и летучей золы [4]. Работ, посвященных изучению загрязнения окружающей среды ТМ и другими токсичными элементами, значительно меньше. Как правило, исследования проводятся в промышленно развитых регионах с последующим определением источников загрязнения – транспорта, промышленных предприятий и энергетики. Объектами исследования на содержание ТМ чаще всего являются почвы и дорожная пыль [5]. При исследовании дорожной пыли в районе добычи угля [6] самые высокие концентрации ТМ обнаружены во фракциях наиболее мелкого размера 1–2 мкм. Изотопные соотношения свинца (²⁰⁶Pb/²⁰⁷Pb, ²⁰⁸Pb/²⁰⁷Pb) указывают на то, что литогенный и антропогенный вклад, связанные с этилированным бензином и промышленными выбросами, являются основными источниками атмосферного загрязнения ТМ атмосферного воздуха за последние 85 лет [7].

В настоящее время Томским политехническим университетом запатентован метод контроля загрязнения атмосферного воздуха тяжелыми металлами и другими токсичными элементами с помощью эпифитного мха Пилезия многоцветковая (*Pyralisia polyantha* (Hedw.) В. S. G.). С помощью данного метода реализуется контроль, обнаружение и оценка изменений качества воздуха, загрязненного субмикронными частицами (плохо улавливаемых фильтрами), которые обогащены большинством ТМ и других токсичных элементов. Данные мероприятия особо необходимы в зонах влияния угольной промышленности, характеризуемой загрязнением атмосферного воздуха на всех стадиях производства.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект 23-27-00186).

Список публикаций:

- [1] Kravchenko J., Lyerly H. K. *The impact of coal-powered electrical plants and coal ash impoundments on the health of residential communities //North Carolina Medical Journal.* – 2018. – Т. 79. – №. 5. – С. 289-300.
- [2] Шутько, Л. Г. Влияние угледобывающей промышленности Кузбасса на здоровье населения региона / Л. Г. Шутько, Л. Л. Самородова // Уголь. – 2021. – № 9(1146). – С. 46-50.
- [3] Янин, Е. П. Особенности воздействия предприятий полупроводниковой промышленности на окружающую среду / Е. П. Янин // Экологическая экспертиза. – 2021. – № 3. – С. 4-17.
- [4] Юркова, А. А. Влияние угольной пыли на экологию / А. А. Юркова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – № 3-1(42). – С. 11-13.
- [5] Maqbool A. et al. *Bioassessment of heavy metals in wheat crop from soil and dust in a coal mining area //Pollution.* – 2019. – Т. 5. – №. 2. – С. 323-337.
- [6] Lanzerstorfer C., Logiewa A. *The upper size limit of the dust samples in road dust heavy metal studies: Benefits of a combined sieving and air classification sample preparation procedure //Environmental Pollution.* – 2019. – Т. 245. – С. 1079-1085.
- [7] Long Z. et al. *Contamination, sources and health risk of heavy metals in soil and dust from different functional areas in an industrial city of Panzhihua City, Southwest China //Journal of Hazardous Materials.* – 2021. – Т. 420. – С. 126638.

Магнитные системы для осаждения наночастиц из водных сред

Филинкова Марина Сергеевна

Жаков Сергей Васильевич

Институт физики металлов УрО РАН

Медведева Ирина Владимировна

filinkova-ms@yandex.ru

Широкое применение технологий с применением наночастиц приводит к загрязнению окружающей среды токсичными частицами, удаление которых традиционными методами не эффективно [1]. Одной из перспективных технологий безопасной обработки воды для удаления наночастиц является магнитная сепарация [2]. В магнитных сепараторах создается неоднородное магнитное поле, под действием которого от воды можно отделять наночастицы, как магнитные, так и немагнитные при добавлении магнитных флокулянтов. Работа магнитного сепаратора на основе постоянных магнитов, не требует дополнительных энергозатрат на генерацию магнитного поля, что соответствует современным требованиям к «зеленым» природоохранным технологиям. Для эффективного удаления наночастиц в магнитном устройстве должно создаваться градиентное магнитное поле поля в достаточно большом объеме. Необходима разработка магнитных систем с конфигурациями постоянных магнитов, отвечающим требованиям эффективной магнитной сепарации.

В программе Comsol Multiphysics были численно смоделированы распределения магнитных полей для модельных магнитных сепараторов, состоящих из магнитной системы («МС» на *рис. 1*) и кюветы, содержащей водную суспензию наночастиц («К» на *рис. 1*). Магнитная система состоит из плоских постоянных магнитов NdFeB (BMN 50) (белые элементы на *рис. 1*), чередующихся со вставками из магнитомягкой стали (серые элементы на *рис. 1*). Рассматривались два типа намагничивания постоянных магнитов: Н – вектор магнитной индукции магнита направлен вдоль оси x, V – вектор магнитной индукции магнита направлен вдоль оси z. В моделях варьировались ширина постоянных магнитов и магнитомягких элементов (a и b соответственно). Оценка эффективности магнитного сепаратора проводилась с помощью критерия эффективности γ , равного отношению объема кюветы, в котором наблюдается процесс седиментации:

$$\gamma = V_{\text{eff}}/V. \quad (1)$$

где V – объем всей кюветы, V_{eff} – объем кюветы, в котором значение произведения $Bz \cdot dBz/dz > 4 \text{ T}^2/\text{м}$.

На основании оценки критерия γ установлены оптимальные геометрические размеры магнитного и стального элементов (*табл.*) для системы, состоящей из трех элементов магнит/сталь/магнит. Толщина немагнитного элемента b варьировалась от 0 до 30 мм с шагом 2,5 мм. Влияние толщины магнитного элемента исследовалось в диапазоне 5-30 мм. Показано, что для такой конструкции система V является более эффективной, чем система Н. Эти результаты могут быть использованы для конструирования магнитной системы для лабораторных применений.

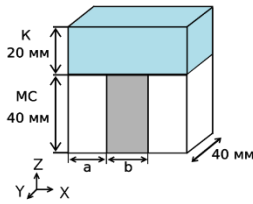


рис. 1. Схема магнитного сепаратора

Оптимальные значения толщины магнитных и немагнитных элементов и максимальный критерий эффективности, достигаемый при заданных размерах

	x, мм	d, мм	Γ_{\max} , %
H	12,5	10	19
V	30	2,5	31

Список публикаций:

- [1] Robichaud C.O., Uyar A.E., Darby M.R., Zucker L.G., Wiesner M.R. // *Environ. Sci. Technol.* 2009. № 43 (12). С. 4227-4233.
 [2] Wu X., Gomez-Pastora J., Zborowski M., Chalmers J. // *Sep. Pur. Technol.* 2022. № 280. 119786.

Нейтронно-физический расчёт ВВЭР-1000 с толерантным топливом

Чена Алексей Русланович

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Кузнецов Михаил Сергеевич, к.т.н.

arc3@tpu.ru

Всем ядерным реакторам свойственно остаточное энерговыделение, приводящее в условиях потери охлаждения к перегреву активной зоны. Подавляющее большинство энергетических реакторов использует воду в качестве теплоносителя/замедлителя и циркониевый сплав в качестве материала оболочки тепловыделяющих элементов.

Авария на АЭС Фукусима-1 в марте 2011 года подтвердила опасность пароциркониевой реакции, которая возникает при повышении температуры. После Фукусимы интерес к пароциркониевой реакции и вообще водородной безопасности вновь заметно усилился, хотя исследование проблемы идет с самого рассвета атомной энергетики.

Термин «устойчивое к авариям толерантное топливо» – Accident Tolerant Fuel – (ATF) возник после аварии на Фукусиме. В формулировке МАГАТЭ это топливо должно быть работоспособно как в нормальных условиях работы, так, и это главное – в условиях потери теплоносителя [1].

Моделирование активной зоны реакторной установки производилось при помощи программного обеспечения MCU. Пакет MCU обеспечивает возможность моделирования процессов переноса различных частиц методами Монте-Карло на основе ядерных данных с учётом изменения изотопного состава материалов модели. Модель активной зоны, построенной в MCU, представлена на рис. 1.

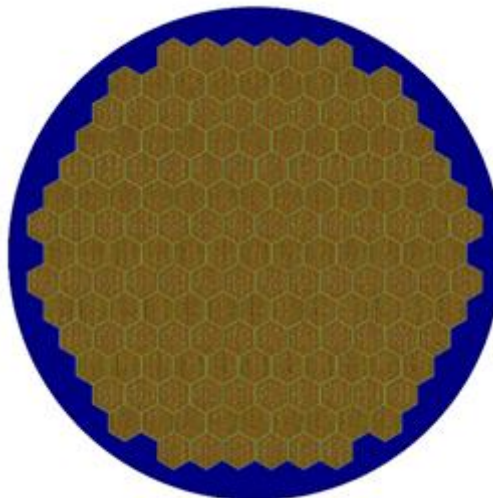


рис.1 Модель активной зоны реактора ВВЭР-1000

В качестве толерантного топлива в расчёте параметров использовалось хромовое покрытие сталью ВХ2К оболочек твэл, выполненных из сплава Э110 и вторым вариантом было использование нержавеющей стали 42ХНМ в качестве оболочки твэл.

Толщина хромового покрытия варьировалась от 10 мкм до 50 мкм. Эффективный коэффициент размножения с ростом толщины хромового покрытия уменьшился с 1,377 до 1,355. Запас реактивности с ростом толщины хромового покрытия уменьшился с 27,35 % до 26,14 %. Длительность кампании с увеличением толщины хромового покрытия уменьшилась с 870 эффективных суток до 810 эффективных суток.

При использовании оболочек твэл, выполненных из нержавеющей стали 42ХНМ получены следующие результаты: эффективный коэффициент размножения равен 1,166, запас реактивности составил 14,16 % и длительность кампании составила примерно 450 эффективных суток.

Таким образом, полученные результаты для стали 42ХНМ оказались заметно хуже, чем полученные результаты для хромового покрытия, но использование 42ХНМ в качестве оболочки твэл позволяет полностью избежать возникновения пароциркониевой реакции.

Список публикаций:

[1] Цимбалист Н. А. Толерантное топливо // Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки. – 2019. – с. 27-31.

Распределение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения в населённых пунктах Чертковского района Ростовской области

Шаповалов Егор Сергеевич

Шульга Всеволод Владимирович

Южный федеральный университет

Бураева Елена Анатольевна, к.х.н.

yegor.shapovalov.01@mail.ru

Оценка особенности распределения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭД, мкЗв/ч) на территориях является наиболее важным аспектом в исследовании окружающей среды. По его результатам можно судить о радиэкологической ситуации в населённых пунктах и за их пределами и прогнозировать влияние радиации на организм человека. С каждым годом радиационная обстановка исследуется всё более тщательно не только в крупных городах, но и в малонаселённых пунктах вне зависимости от их деятельности, начиная с сельского хозяйства и заканчивая промышленным производством [1-3].

Объектом исследования данной работы является Чертковский район Ростовской области. Измерения проводились в 7 населённых пунктах. Район находится в зоне умеренно-континентального климата, с засушливым, жарким летом и холодной зимой, основная доля осадков приходится на весну и осень. Преобладает равнинная местность, распространены чернозёмные почвы. Из полезных ископаемых добываются глина, песок, камень, щебень. Среднемесячная температура в летний период изменяется от +20°C до +40°C, в зимний период от -25°C до +5°C. Основная деятельность территории исследования связана с обработкой земли и животноводством.

Работа посвящена оценке распределения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭД, мкЗв/ч) методами пешеходной гамма-съёмки, проводимой на высоте 100 см от поверхности в населённых пунктах Чертковского района Ростовской области: х. Сетраки, с. Греково-Степановка, с. Кутейниково, х. Малая Лозовка, х. Арбузовка и с. Алексеево-Лозовское. Использовались дозиметры-радиометры СРП-88 и ДКС-96 с блоком детектирования БДКС-96с.

Выше представлены особенности распределения МЭД гамма-излучения как по Чертковскому району (рис. 1), так и в отдельных населённых пунктах (рис. 2). Минимальное, максимальное и среднее арифметическое значения МЭД составляют 0,02 мкЗв/ч, 0,28 мкЗв/ч и 0,13 мкЗв/ч соответственно. В целом МЭД подчиняется нормальному закону распределения и не превышает значений, рекомендованных Нормами радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Гамма-фон в исследуемых селах однороден, радиоактивных аномалий не выявлено.

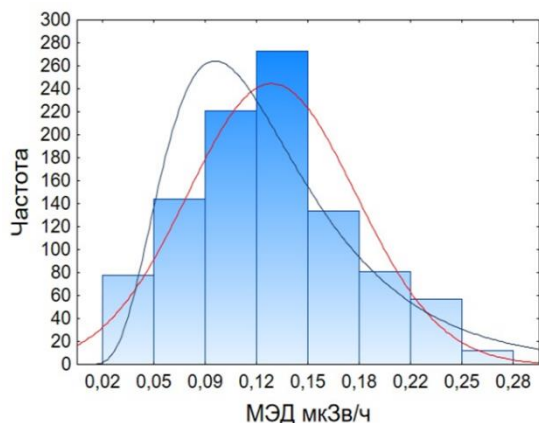


рис. 1. МЭД на территории Чертковского района

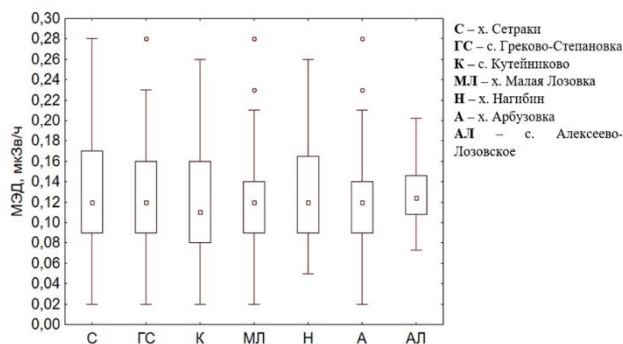


рис. 2. Сравнительный анализ МЭД населённых пунктов

Сравнительный анализ МЭД в каждом из населённых пунктов (рис. 2) показал, что значимые различия в значениях гамма-фона в сельских поселениях Чертковского района Ростовской области отсутствуют. Во всех населённых пунктах достаточно слабо развитая дорожная инфраструктура, отсутствуют промышленные предприятия, месторождения полезных ископаемых и другие факторы, которые могут оказать влияние на гамма-фон.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности 2023 г.). Проект № FENW-2023-0010/(Г30110/23-11-ИФ).

Список публикаций:

- [1] Linnea E. *Environmental Radiation*. Wahl, Lawrence Berkeley National Laboratory/ Health Physics Society Specialists in Radiation Safety, 2010.
- [2] *Radiation in the Environment. Nuclear Science—A Guide to the Nuclear Science Wall Chart* ©2018 Contemporary Physics Education Project (CPEP). Chapter 15.
- [3] Шершаков В.М., Булгаков В.Г., Крышев И.И., Вакуловский С.М., Каткова М.Н., Крышев А.И. *Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств*. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-Производственное Объединение «Тайфун», 2017.
- [4] Бураева Е.А., Мальшевский 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. *Уровень эквивалентной дозы гамма-излучения природных и урбанизированных территорий северного Кавказа // Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 10-5. – С. 1073-1077.
- [5] СанПин 2.6.1.2523–09 *Нормы радиационной безопасности (НРБ–99/2009)*. Утверждены в действие постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации Г.Г. Онищенко от 7 июля 2009 г. № 47 с 01 сентября 2009 г.

Сравнительная характеристика поверхностного распределения радионуклидов в зоне чернозёмных почв природных, природно-техногенных и урбанизированных территорий Ростовской области

Швецова Дарья Алексеевна

Маломыжева Наталья Викторовна, Джюра Кирилл Олегович

Южный федеральный университет

Бураева Елена Анатольевна, к.х.н.

Dashik.shvet@yandex.ru

Географически Ростовская область расположена на юге Европейской России в зоне Южно-Русской равнины, сливающейся своей южной частью с Предкавказскими равнинными степями. Преобладающими почвами Ростовской области являются черноземы (62%) и каштановые почвы (23%) [1]. В отличие от каштановых почв черноземы имеют более мощный гумусовый горизонт и содержат больший процент гумуса.

В чернозёмной почвенной зоне Ростовской области находятся следующие особо охраняемые природные территории: Персиановская заповедная степь, Приазовская степь (хут. Недвиговка), Ботанический сад, Черная балка. Эти территории были выбраны для описания естественных почв, поскольку эти природные комплексы

наименее подвержены антропогенному воздействию. В качестве природно-техногенных территорий Ростовской области были выбраны: Новочеркасская ГРЭС и предприятие по обращению с радиоактивными отходами ФГУП «РосРАО». Радиационная обстановка данных территорий обусловлена не только естественной радиоактивностью окружающей среды, но постоянным воздействием промышленных предприятий. Для изучения урбанизированных территорий были выбраны почвы города Ростова-на-Дону, который является административным центром Ростовской области и Южного федерального округа России. Имеет статус города-миллионника и является крупным административным, экономическим, культурным, научным, образовательным, промышленным центром и важнейшим транспортным узлом на Юге России.

Целью данной работы является анализ и сравнение поверхностного распределения естественных и искусственных радионуклидов в черноземных почвах урбанизированных, природных и природно-техногенных территорий Ростовской области.

При анализе проб почвы на различные гамма-излучатели естественного происхождения (^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th) и на ^{137}Cs , имеющий антропогенное происхождение, была проведена сравнительная характеристика распределения радионуклидов по поверхности почвы.

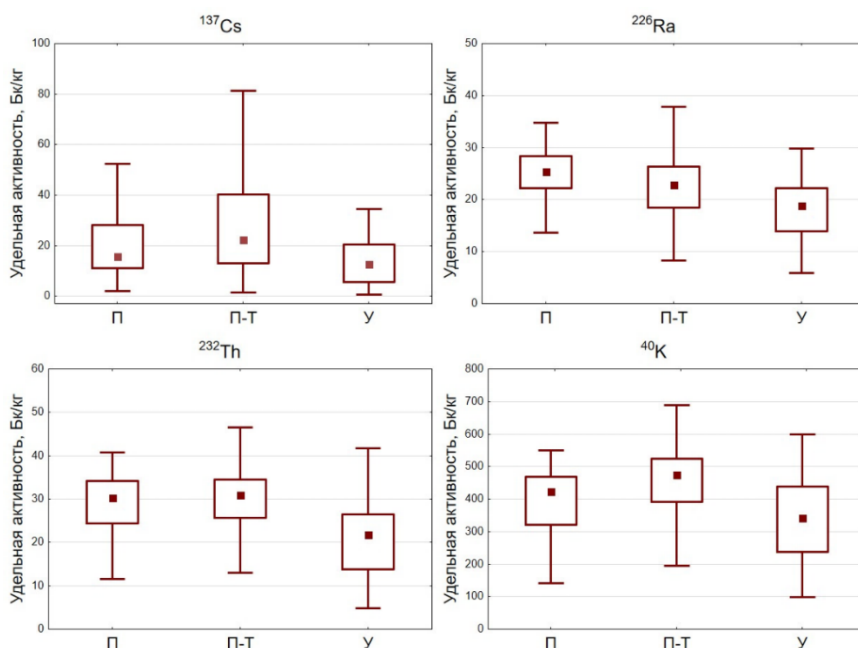


рис. 1. Разброс значений удельной активности радионуклидов в почвах природных (П), природно-техногенных (П-Т) и урбанизированных (У) территорий

Анализ рис. 1 показал, что наибольший разброс значений удельной активности ^{137}Cs наблюдается в почвах природно-техногенных территорий, а наименьший – урбанизированных. Значения медианы указаны по возрастанию: урбанизированные (12,60 Бк/кг), природные (15,67 Бк/кг), природно-техногенные (22,29 Бк/кг).

При изучении естественных радионуклидов можно заметить, что наименьшие значения удельной активности относятся к урбанизированным территориям. Для ^{226}Ra средние значения, указанные по возрастанию: урбанизированные (18,80 Бк/кг), природно-техногенные (22,91 Бк/кг), природные (25,35 Бк/кг). Для ^{232}Th средние значения, указанные по возрастанию: урбанизированные (21,75 Бк/кг), природные (30,35 Бк/кг), природно-техногенные (31,02 Бк/кг). Для ^{40}K средние значения, указанные по возрастанию: урбанизированные (342,25 Бк/кг), природные (423 Бк/кг), природно-техногенные (475 Бк/кг).

В ходе изучения характера распределения естественных ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th и ^{137}Cs , имеющего техногенное происхождение, в верхнем слое почвы исследуемых территорий установлено, что удельная активность радионуклидов в почвенных образцах в основном соответствует среднемировым значениям и характерна для Ростовской области и г. Ростова-на-Дону.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности 2023 г.). Проект № FENW-2023-0010/(Г30110/23-11-ИФ).

Список публикаций:

[1] Национальный атлас почв Российской Федерации. – М. Астрель: АСТ, 2011. – 632 с

Оценка содержания радона в помещениях корпуса «Е» ДВФУ и выработка рекомендаций по снижению его влияния на организм

Штыфлюк Мария Евгеньевна¹

Полянский Дмитрий Александрович²

¹Московский областной научно-исследовательский клинический институт им.

М.Ф.Владимирского, ²Дальневосточный федеральный университет

Полянский Дмитрий Александрович, к.ф.-м.н.

shtyfliuk.me@students.dvfu.ru

Около 59% дозовой нагрузки, получаемой человеком от естественных источников ионизирующего облучения (ИИ), приходится на радон и дочерние продукты его распада (ДПР) за счет внутреннего облучения при ингаляционном пути поступления в организм. С точки зрения радиационной гигиены значимыми являются два изотопа радона – ^{222}Rn (радон, член радиоактивного семейства урана-радия) и ^{220}Rn (торон, член радиоактивного семейства тория). Поступая в здание через грунт, строительные материалы, воду и т.п. радон может накапливаться в нем, что особенно важно для зданий с длительным пребыванием людей и нестабильным воздухообменом. Биологические эффекты радона обусловлены главным образом канцерогенным действием его альфа-излучения. По данным ВОЗ радон вызывает от 3% до 14% всех случаев рака лёгких, а в синергии с курением канцерогенный риск возрастает в 25 раз [4]. Т.о. важность радонового контроля зданий на всех этапах их строительства трудно переоценить. Приморский край входит в группу областей с потенциально повышенной радоновой опасностью. Кроме того, регион характеризуется умеренной сейсмичностью и на его территории располагаются геологические разломы, которые потенциально могут способствовать эксхалляции радона из грунта.

В данной работе в соответствии с [1,2,3] было проведено исследование содержания радона в помещениях учебного корпуса «Е» Дальневосточного Федерального Университета (690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, пос. Аякс, 10). На каждом уровне всех отсеков корпуса было выбрано по две точки исследования – коридор и туалет (выдержка с открытым смесителем 3 минуты). В течение марта-апреля 2022 года в этих точках проводились измерения эквивалентной равновесной объёмной активности (ЭРОА) радона и торона с целью оценки уровней облучения. Исследование проводилось с учетом погодных условий краткосрочным методом. Затем были проведены расчёты среднегодовых значений ЭРОА изотопов радона (Бк/м³). На основе полученных данных были построены графики зависимости ЭРОА радона в выбранных точках исследования (коридор, туалет) от уровня по каждому из отсеков.

Среднее значение ЭРОА радона в корпусе составило около 29 Бк/м³ при среднемировых наиболее вероятных значениях данного показателя в помещениях зданий – 15 Бк/м³ [3]. Самое высокое значение в 199 Бк/м³ было зафиксировано в туалете 8 отсека на 7 уровне (рис.1), относительно высокое значение 134 Бк/м³ было зарегистрировано на 5 уровне 6 отсека. Кроме того, на фоне стабильно низких значений наблюдались резкие локальные подъемы ЭРОА радона, преимущественно на верхних этажах здания, по-видимому, связанные с выделением радона из строительных материалов. Так в коридоре на 4 уровне 4 отсека ЭРОА составило 11 Бк/м³, тогда как в коридоре того же отсека на 6 уровне эта величина достигала 90 Бк/м³. За счёт таких локальных подъёмов уровня ЭРОА в отдельные дни верхняя граница рассчитанных среднегодовых значений ЭРОА изотопов радона достигла 216 Бк/м³. Вклад торона оказался незначительным.

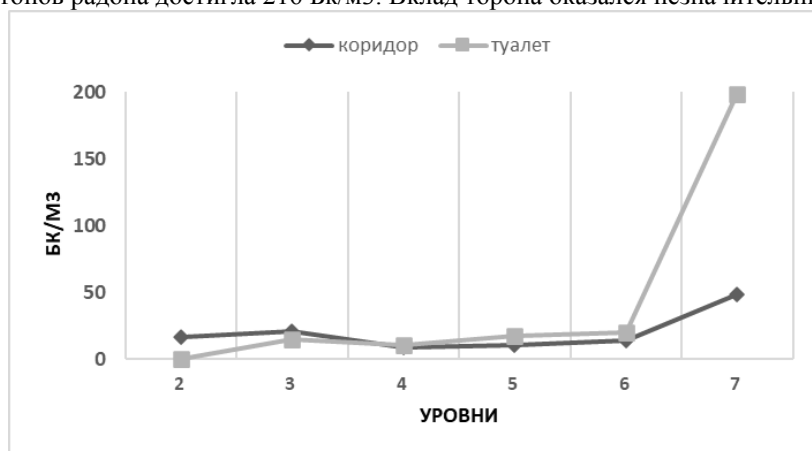


рис.1. ЭРОА радона в помещениях 8 отсека корпуса «Е» ДВФУ

Значимых несоответствий контрольным уровням ЭРОА выявлено не было, однако в зонах локального увеличения ЭРОА изотопов радона необходимо проводить дополнительные исследования, предпочтительно

средне- или долгосрочными методами. Если в ходе дополнительных исследований будет выявлено превышение предельно допустимого уровня ЭРОА, необходимо обеспечить должный воздухообмен и использовать радононепроницаемые покрытия в потенциально опасных помещениях, а также провести санитарно-просветительную работу среди лиц, находящихся в данном корпусе длительное время (сотрудники и студенты), о рисках связанных с воздействием радона и возможных профилактических мероприятиях, в том числе средствах фармакологической поддержки организма (антиоксиданты, иммуностимулирующие средства), а также о вреде табакокурения.

Список публикаций:

[1] СанПиН 2.6.1.2523-09. «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)». Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 07 июля 2009 г. № 47.

[2] МУ 2.6.1.2838-11. Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после окончания их строительства, капитального ремонта, реконструкции по показателям радиационной безопасности. 2011.

[3] МУ 2.6.1.037–2015. Определение среднегодовых значений ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений по результатам измерений разной длительности. 2016.

[4] Риск возникновения рака легкого при облучении радоном и продуктами его распада. Заявление по радону/ под ред. М.В. Жуковского, С.М. Киселева, А.Т. Губина // Перевод публикации 115 МКРЗ. Москва: Изд-во «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Буназяна ФМБА России», 2013. – 92 с.

Мощность эквивалентной дозы в рабочих и жилых помещениях ст. Староминской Краснодарского края

Шульга Всеволод Владимирович

Шаповалов Егор Сергеевич, Плахотняя Дарья Павловна, Маломыжева Наталья Викторовна

Южный федеральный университет

Бураева Елена Анатольевна, к.х.н.

ssevashulga@mail.ru

Объектом исследования выступает приземный слой воздуха в станции Староминской Краснодарского края. Этот участок местности имеет равнинно-холмистый тип рельефа. Климат умеренно-континентальный, с мягкой зимой и жарким сухим летом с большим количеством солнечных дней. Среднемесячная температура в зимний период колеблется от -10°C до $+5^{\circ}\text{C}$, в летний период от $+15^{\circ}\text{C}$ до $+35^{\circ}\text{C}$. Предприятия, влияющие на радиационный фон, отсутствуют.

Работа посвящена изучению гамма-фона (мощности эквивалентной дозы гамма-излучения; МЭД, мкЗв/ч) в рабочих помещениях и частных домовладениях ст. Староминской. Гамма-фон измеряли в организациях: МБУК «РДКС», МКУК «СДК Большевик», «СДК Кавказ», а также по адресам домовладений: Щорса 85, Орджоникидзе 5, Красная 51а, Западная 81, Красная 33 кв 2, Калинина 2, Краснознаменная 128, Вокзальная 57, Новодеревянковская 114. Измерения проводились дозиметрами-радиометрами ДКС-96 и СРП-88 на высоте 100 см от поверхности почвы (грунта). Особенности распределения МЭД в ст. Староминской приведены на *рис. 1* и в таблице.

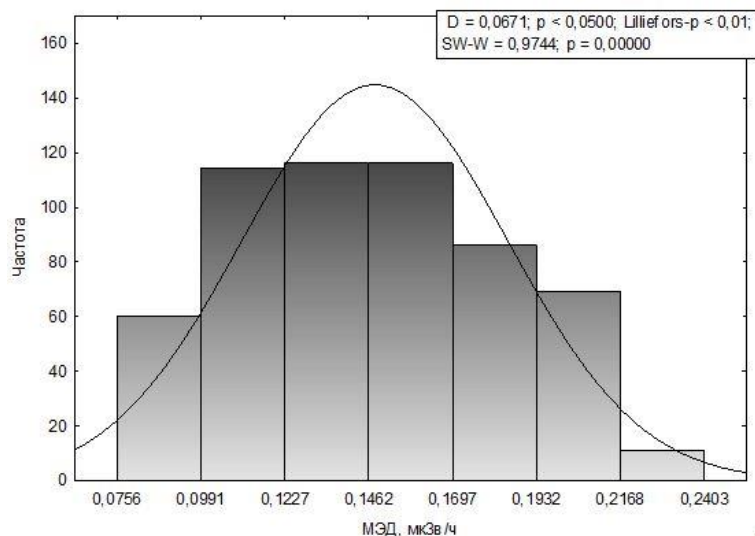


рис.1. Распределение мощности эквивалентной зоны в помещениях ст. Староминской

Результаты статистической обработки распределения МЭД в помещениях

Минимум, мкЗв/ч	0,076
Максимум, мкЗв/ч	0,24
Среднее арифметическое, мкЗв/ч	0,15
Мода, мкЗв/ч	0,16
Медиана, мкЗв/ч	0,15
Количество измерений	572

Видно, что полученное распределение гамма-излучения в помещениях слабо описывается предельным законом распределения Гаусса. Также критерий проверки на нормальность Колмогорова-Смирнова говорит о том, что эмпирическое распределение далеко от теоретического распределения Гаусса. Это вполне можно объяснить тем, что материал, из которого построены здания содержит естественные и искусственные радионуклиды, которые вносят значительный вклад в МЭД гамма-излучения. Также не следует забывать об эманации радона с поверхности почвы, который может накапливаться в нижних этажах помещений, вследствие чего продукты распада этого опасного газа могут также вносить вклад в гамма-фон. Тем не менее, полученные данные, а именно: среднее арифметическое, мода и медиана в пределах доверительного интервала совпадают, и при том не превышают предельно допустимые значения (0,3 мкЗв/ч) МЭД гамма-излучения, установленные Нормами радиационной безопасности (НРБ-99/2009).

Также о безопасности радиационного фона можно судить по данным представленным в статье [2], в которой указано, что среднее значение урбанизированных территорий Краснодарского края равно 0,16 мкЗв/ч, что вполне согласуется с полученными в работе данными.

Можно сделать заключение о том, что радиационная обстановка помещений станции Староминской находится в пределах допустимых значений, регламентируемых НРБ-99/2009. Следовательно, нет никакой угрозы безопасности здоровья человека.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности 2023 г.). Проект № FENW-2023-0010/(Г30110/23-11-ИФ)

Список публикаций:

[1] 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.

[2]. Буряева 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., Толыгин И.Е., Мартыненко С.В. Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения природных и урбанизированных территорий северного Кавказа // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 10-5. – С. 1073-1077.