

УДК 53  
ББК 22.3  
А43

Рецензенты:

*Е. В. Мамонтов*, д-р физ.-мат наук, проф.  
(Рязанский государственный радиотехнический университет  
имени В. Ф. Уткина);  
*А. М. Шуйцев*, канд. пед. наук, доц.  
(Рязанский институт развития образования)

**Актуальные** проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве : материалы III Всерос. науч.-практ. конф., 25–26 марта 2021 года / под ред. В. А. Степанова, О. В. Кузнецовой. — Электрон. текстовые дан. (1 файл : 8,36 MB). — Рязань : Ряз. гос. ун-т имени С. А. Есенина, 2021. — 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). — Систем. требования : IBM / PC ; Windows XP и выше ; 256 MB RAM ; свободное место на HDD 29 MB ; Acrobat Reader 3.0 или старше. — Загл. с экрана.

В материалах сборника рассматриваются современные проблемы физическо-го, технического и технологического образования в общем, среднем профессиональном и высшем образовании, актуальные направления физики и технологии в области науки и производства, современные проблемы преподавания естествознания и астрономии в средней и высшей школе, информационные технологии в обучении физике, технологии и астрономии в средней и высшей школе, актуальные вопросы подготовки инженерных и педагогических кадров.

Адресовано преподавателям, учителям, аспирантам, магистрам и студентам.

*физика, астрономия, естествознание, технология, производство, методика обучения, информационные технологии*

ISBN 978-5-907266-63-6 (вып. 2)  
ISBN 978-5-907266-31-5

© Под ред. Степанова В. А., Кузнецовой О. В., 2021  
© Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Рязанский государственный университет  
имени С. А. Есенина», 2021

*М. Д. Билетов, И. М. Зверева, А. А. Зыкина,  
В. В. Радченко, О. В. Раша, И. Н. Смовж*

## **ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ПРОЕКТНЫЕ РАБОТЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ НА ТЕМУ «РАДИАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ»**

Анализируются некоторые результаты школьных исследовательских проектных работ по изучению мощности радиационного фона: во Владимирской области, московском метро и атмосфере при стратосферном полете. Обсуждаются методы повышения точности дозиметрических измерений: одновременное измерение несколькими дозиметрами при пространственном перемещении прибора и увеличение длительности измерений при локальных измерениях.

*проектная деятельность школьников, радиационный фон, дозиметр, точность измерения*

Some results of school research works on studying the background radiation are analyzed: in the Vladimir region, in Moscow metro and in the atmosphere during stratospheric flight. Methods for improving the accuracy of dosimetric measurements are discussed: simultaneous measurement by several dosimeters during the spatial movement of the device and increasing the duration of measurements during local measurements.

*project activities of school students, radiation background, dosimeter, measurement accuracy*

В исследовательских школьных проектах по физике, биологии, основам безопасности жизнедеятельности широко применяются дозиметрические измерения. Причины популярности этой темы у школьников:

- актуальность темы, ясная цель — проверить параметры окружающего мира, недоступные человеческим чувствам;
- деятельность школьника, кроме традиционного поиска информации и оформления результатов, включает двигательную активность, работу с относительно небольшим прибором.

Причины образовательной значимости дозиметрических измерений при изучении физики: актуализация предметных понятий (период полураспада, вид радиоактивности, коэффициент качества), явлений (естественная радиоактивность, ионизация), изучение устройства (ионизационный детектор).

Поскольку при проведении дозиметрических измерений изучается величина, зависящая от многих случайных слагаемых (космическое излучение, излучение Земли, строений и т. п.), особое внимание следует уделять точности измерений. Надежный способ точнее измерить значение радиационного фона — провести много измерений и усреднить [1]. В данной статье обсуждаются две проектные работы с иными подходами к улучшению точности дозиметрических измерений.

Измерения в этих работах проводились дозиметрами Квантум СОЭКС [4]. Их особенности:

- используются два счетчика Гейгера-Мюллера СБМ 20-1, что увеличивает площадь регистрируемого рентгеновского излучения, гамма-излучения и потока бета-частиц;
- возможна запись полученных результатов на компьютер;
- предусмотрен индикатор точности измерения.

С каждым измерением (10 с) столбик индикатора точности растет до полного заполнения (12 измерений, 2 мин). В случае резких изменений фона — повышение более чем в 3 раза или понижение в 10 раз — индикатор точности обнуляется. Эта особенность дозиметра позволяет увеличить точность измерения в случае, если измерение проводится до полного заполнения индикатора точности.

В проектной работе Михаила Билетова «Составление карты радиационного фона Владимирской области» летом 2020 года были проведены измерения в разных точках десяти городов Владимирской области (въезд в город, условный центр города, жилой район). Измеренный радиационный фон варьировался от 0,10 до 0,22 мкЗв/ч (нормальный радиационный фон). Самые большие, но не представляющие опасности, значения наблюдались:

- в центре Владимира, когда дозиметр лежал на решетке фонтана — 0,30 мкЗв/ч, что, по-видимому, связано с излучением дочерних изотопов радона, растворенного в воде;

- в центре Муроме, когда дозиметр лежал на камне, установленном в честь ликвидаторов ЧАЭС — 0,40 мкЗв/ч, что объясняется содержанием урана и продуктов его распада в граните.

Также в своей проектной работе Михаил Билетов определил радиационный фон в 14 точках на территории завода ОАО «Кольчугцветмет» г. Кольчугино, на котором Объединением «Радон» в 2008 году проводились масштабные дезактивационные работы [5]. Результаты измерений на территории завода он представил в геоинформационной системе [2] (рис. 1). Точность получаемых значений в данной проектной работе обеспечивалась относительно длительным временем измерения. Значения записывались после заполнения индикатора точности измерения.



Рис. 1. Измерения мощности радиационного фона на территории завода ОАО «Кольчугцветмет» г. Кольчугино

Измерения, которые проводили ученики инженерного класса Гимназии МГУ Ольга Раша, Анна Зыкина и Илья Смовж, не позволяли вести длительное измерение в одном месте из-за пространственного перемещения прибора. При измерениях радиационного фона в метро они использовали 3–4 дозиметра, выставляли на них одинаковое время и в течение всей поездки регистрировали показания. Затем усредняли одновременные значения по всем приборам и строили графики (рис. 2).

Полученные результаты позволили ученикам сделать следующие выводы:

- Чем глубже станция, тем ниже уровень радиационного фона. Например, на самых глубоких отрезках («Спортивная» — «Фрунзенская») фон примерно в три раза ниже, чем на поверхности. Земля эффективно защищает от космического излучения, которое является одним из основных источников природного радиационного фона в Москве.

- Опасность повышенного содержания радона в подземных помещениях и коммуникациях метро исключается регулярным интенсивным проветриванием.

При стратосферных запусках на гелиевом шаре-зонде школьники использовали по 2 дозиметра, которые помещались в термоизолированный корпус и вместе с приборами других исследователей запускались в стратосферу. Первый запуск состоялся в декабре 2019 года. Шар достиг высоты 21 км. Один дозиметр вышел из строя при подъеме на высоте около 6750 м, второй — при спуске на высоте около 11360 м. Во втором запуске в октябре 2020 года гелиевый шар поднялся на высоту 25,7 км. Данные одного дозиметра не сохранились, второй проработал в течение всего полета.



Рис. 2. Измерения мощности радиационного фона при движении по красной линии московского метро на отрезке между станциями «Университет» и «Сокольники» и обратно. По горизонтальной оси — время измерения, слева — глубина станции (м), справа — усредненные показания трех дозиметров (мкЗв/ч)

Наблюдался примерно постоянный радиационный фон до 1,5 км, потом рост и выход на плато на высотах около 20–21 км (рис. 3). Проведенные измерения повторили исторические эксперименты 1911–1912 года Виктора Гесса, измерявшего разряд электрометра на высотах до 5,3 км и доказавшего существование космических лучей. Наблюдавшийся гимназистами максимум радиационного фона на высоте 20–21 км согласуется с максимумом интенсивности космических лучей, зависящем от широты и цикла солнечной активности [6].

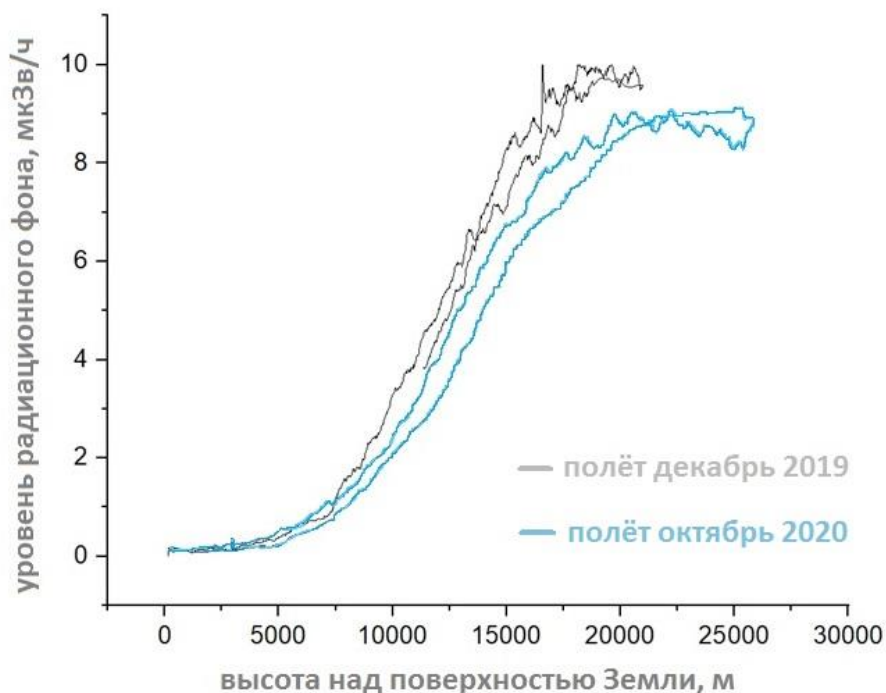


Рис. 3. Изменение мощности радиационного фона при стратосферном полете гелиевого шара-зонда компании СТРАТОНАВТИКА

В одном измерении на высоте 16,5 км, возможно, удалось зарегистрировать очень энергичную частицу, так как один дозиметр записал значение 24,7 мкЗв (перед ним было измерение в 8,61 мкЗв, а после — 9,29 мкЗв).

Таким образом, в своей проектной работе гимназисты МГУ испытали работу дозиметров в экстремальных условиях, повторили классические эксперименты по открытию космических лучей на другом оборудовании, получили важный опыт обработки научной информации.

Исследовательские проектные работы школьников на тему «Радиационный мониторинг», кроме предметной составляющей (космические лучи, история ядерной физики, детекторы излучений), всегда содержат элементы социальной значимости (тревожность жителей по поводу радиационной обстановки), путешествия, креативности в выборе места, устройства проведения измерений, метода обработки результатов, поэтому мы считаем тему перспективной и заслуживающей развития.

Авторы благодарят компанию СТРАТОНАВТИКА, предоставившую уникальную возможность запустить дозиметры на высоту до 25 км, сотрудника технопарка Кванториум Павла Мелехова за помощь в использовании сервиса ArcGis и руководство ОАО «Кольчугцветмет» за разрешение проведения дозиметрических измерений школьнику на территории завода.

### Список использованных источников

1. Бельшев С. С., Зверева И. М. Практическое занятие с дозиметром как средство развития вероятностного мышления и радиационной грамотности школьника // Проблемы создания образовательной среды по физике в условиях реализации новых стандартов. Общеобразовательные учреждения, педагогические вузы : докл. науч.-практ. конф. / отв. ред. А. А. Синявина. — М. : Моск. гос. обл. ун-т, 2016. — С. 99–104.
2. Билетов М. Д. Завод 2.0 Измерения мощности радиационного фона на территории завода ОАО «Кольчугцветмет» г. Кольчугино. — URL : <http://arcg.is/1KOC58> (дата обращения: 12.03.2021).
3. Измерения мощности радиационного фона на территории завода ОАО «Кольчугцветмет» г. Кольчугино. — URL : <https://radon.ru/export/48-51.pdf> (дата обращения: 12.03.2021).
4. СОЭКС — профессиональный дозиметр Квантум. — М. : СОЭКС. — URL : [https://soeks.ru/catalog/professionalnyy\\_dozimetr\\_soeks\\_kvantum](https://soeks.ru/catalog/professionalnyy_dozimetr_soeks_kvantum) (дата обращения: 12.03.2021).
5. Радиационная скорая помощь : ГУП МосНПО «Радон» — 2010, дек. — С. 48–51. — URL : <https://radon.ru/export/48-51.pdf> (дата обращения: 13.03.2021).
6. Bazilevskaya G., Svirzhetskaya A. On The Stratospheric Measurements of Cosmic Rays // Space Science Reviews. — 1998. — Pp. 431–521.

### Сведения об авторах

**Билетов Михаил Дмитриевич** — ученик 11 класса МБОУ СОШ № 7 имени Н. К. Крупской и мобильного технопарка Кванториум (г. Кольчугино).

**Зверева Ирена Михайловна** — ведущий программист ЛОСП НИИЯФ МГУ (Москва).

**Зыкина Анна Александровна** — ученица 11 класса инженерного профиля Гимназии МГУ (Москва).

**Радченко Владимир Вячеславович** — кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией общего и специального практикума Научно-исследовательского института ядерной физики им. Д. В. Скобельцына Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова (МГУ) (Москва).

**Раша Ольга Владимировна** — студентка 1 курса Геологического факультета МГУ (Москва).

**Смовж Илья Николаевич** — ученик 11 класса инженерного профиля Гимназии МГУ (Москва).