

РАЗРАБОТКА СТАНЦИИ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ

Сазонов Г. В.¹, Гончаров И. Н.²

¹Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), 362021, Владикавказ, Российская Федерация, georgy_sv@mail.ru

²Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), 362021, Владикавказ, Российская Федерация

Аннотация

В статье рассматривается актуальная проблема оперативного контроля радиационно-опасных веществ, для решения которой предлагается использование многофункционального устройства широкого спектра действия, отличающегося повышенным удобством для конечного пользователя. Ключевое внимание в работе акцентируется на этапах разработки и практической реализации автономной станции радиационного мониторинга, собранной из общедоступных и недорогих комплектующих. Основное предназначение данной системы — обеспечение возможности дистанционного измерения уровня радиационного фона в непрерывном режиме на протяжении длительных временных промежутков.

Для эффективного отслеживания радиационной обстановки и гарантии безопасности населения, проживающего вблизи потенциально опасных объектов, критически важно использовать специализированное оборудование. В ситуациях, характеризующихся повышенным риском утечки бета и гамма-излучателей, предлагается комплекс, состоящий из дозиметрического прибора со звуковой индикацией, внешней приставки для коммутации и предварительной обработки сигнала, а также персонального компьютера со специализированным программным обеспечением. Именно для решения данных задач и была спроектирована предлагаемая станция радиационного мониторинга.

Основополагающими целями проведенных исследований стали проектирование и создание технологичной, эргономичной и простой в эксплуатации станции широкого профиля. Разработанное устройство позволяет вести непрерывный мониторинг наличия бета-частиц и фиксировать уровень гамма-излучения. Управляющее программное обеспечение предоставляет оператору данные в режиме реального времени, автоматически вычисляя средние и пиковые значения за выбранный период измерений. Система поддерживает функцию длительного удаленного наблюдения, а ее программный код является открытым, что допускает

внесение доработок и модификаций как в софт, так и в аппаратную часть, включая возможность подключения сторонних приборов.

Ключевые слова: ионизирующее излучение, контроль, радиационная безопасность, исследование, дозиметр, мониторинг, датчики.

Для цитирования: Разработка станции радиационного мониторинга // Труды Северо-Кавказского горно-металлургического института (государственно технологического университета). 2026.

Original article

DEVELOPMENT OF A RADIATION MONITORING STATION FOR MONITORING THE RADIATION SITUATION

Sazonov G. V.¹, Goncharov I. N.²

¹The North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), Vladikavkaz, 362021, Russian Federation, georgy_sv@mail.ru

²The North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), Vladikavkaz, 362021, Russian Federation

Abstract

The article considers the actual problem of operational control of radiation-hazardous substances, for the solution of which it is proposed to use a multifunctional device with a wide range of effects, characterized by increased convenience for the end user. The key focus of the work is on the stages of development and practical implementation of an autonomous radiation monitoring station assembled from publicly available and inexpensive components. The main purpose of this system is to provide the possibility of remote measurement of background radiation levels in continuous operation for long periods of time.

For effective monitoring of the radiation situation and ensuring the safety of the population living near potentially dangerous facilities, it is critically important to use specialized equipment. In situations characterized by an increased risk of leakage of beta and gamma emitters, a complex is proposed consisting of a dosimetric device with an audible indication, an external console for switching and preprocessing the signal, as well as a personal computer with specialized software. The proposed radiation monitoring station was designed specifically to solve these problems.

The fundamental goals of the conducted research were the design and creation of a technologically advanced, ergonomic and easy-to-operate wide-range station. The developed device allows continuous monitoring of the presence of beta particles and recording the level of gamma radiation. The control software provides the operator with real-time data, automatically calculating average and peak values for the selected measurement period. The system supports long-term remote monitoring,

and its software code is open, which allows for improvements and modifications to both software and hardware, including the ability to connect third-party devices.

Keywords: ionizing radiation, control, radiation safety, research, dosimeter, monitoring, sensors.

For citation: Development of a Radiation Monitoring Station // Proceedings of the North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University). 2026.

Введение

Вопросы радиационной безопасности остаются в центре внимания в связи с развитием атомной энергетики, промышленности и медицины [1]. Обеспечение надёжного контроля радиационной обстановки вблизи потенциально опасных объектов является критически важным для защиты населения и персонала [2]. Для этого применяются различные дозиметрические системы, однако большинство промышленных станций мониторинга (например, GAMON-D или PM520) отличаются высокой стоимостью (от нескольких миллионов рублей), закрытым программным обеспечением и отсутствием гибкости в модернизации [8]. Бюджетные устройства, такие как «Трирад», имеют ограниченный функционал и не позволяют изменять алгоритмы обработки [3]. В связи с этим актуальной становится разработка доступных, открытых и легко масштабируемых решений, которые могли бы использоваться как для образовательных целей, так и для локального мониторинга.

Цель статьи

Целью настоящей работы является проектирование и практическая реализация станции радиационного мониторинга на основе общедоступных компонентов, обеспечивающей непрерывный дистанционный контроль, измерение гамма излучения и обнаружение бета частиц, с возможностью модификации как аппаратной, так и программной части.

Обзор литературы

Анализ существующих разработок показывает разнообразие подходов к созданию систем радиационного мониторинга. В работе [5] предложена система на базе Raspberry Pi и счётчика Гейгера–Мюллера, однако она требует специализированных модулей и не всегда обеспечивает необходимую точность. Авторы [6] исследовали возможность использования звуковых карт персональных компьютеров для детектирования импульсов от ядерных детекторов, что открывает путь к созданию недорогих лабораторных установок. Обзор открытых аппаратных платформ для радиационного контроля представлен в [10], где отмечаются преимущества модульных систем с открытым исходным кодом.

Сравнительная характеристика существующих приборов (табл. 1) показывает, что профессиональные полевые дозиметры, например МКС-07Н, обладают высокой защищённостью (IP66) и широким диапазоном измерений, но их программное обеспечение закрыто, а стоимость достигает 400 тыс. руб. [8]. Промышленные стационарные станции (GAMON-D, PM520) имеют резервные каналы связи и ИБП, но цена начинается от нескольких миллионов рублей. Предлагаемая станция, собранная на основе ДП-5В, самодельной приставки и ноутбука, существенно выигрывает в стоимости (около 5 тыс. руб.) и открытости, что подтверждается работами [3, 4, 9], где подчёркивается важность доступных решений для образования и локального мониторинга.

Таблица 1 – Сравнение характеристик систем радиационного мониторинга

Параметр	Предлагаемая станция	«Трирад»	МКС-07Н	Промышленная станция
Стоимость, тыс. руб.	≈ 5	18–20	≈ 400	> 3000
Измеряемые типы излучения	β (обнаружение), γ	γ	α, β, γ	α, β, γ, нейтроны
Защита (IP)	нет	нет	IP66	IP65 и выше
Открытость ПО	полная	закрытое	закрытое	закрытое
Возможность модификации	да	нет	нет	нет

Методы исследования

Для создания станции использованы следующие компоненты:

1. Рентгенметр ДП-5В (прибор войск РХБЗ и ГО) – в качестве детектора ионизирующего излучения. Питание прибора осуществлялось от внешнего источника постоянного напряжения 12 В через делитель напряжения.

2. Приставка измерительная ПИ-1 – разработана для согласования выходного сигнала рентгенметра со звуковой картой ноутбука. В корпусе приставки размещены: входной разъём Jack 3.5, тумблер включения/отключения сигнала, переменный резистор 20 кОм для регулировки амплитуды, два выходных разъёма Jack 3.5, два разъёма СР-50 и гальваническая развязка на двух встречно включённых пьезоизлучателях. Гальваническая развязка необходима для предотвращения влияния паразитных токов и фантомного питания звуковых карт [6]. Схема подключения компонентов приведена на рисунках 1 и 2.

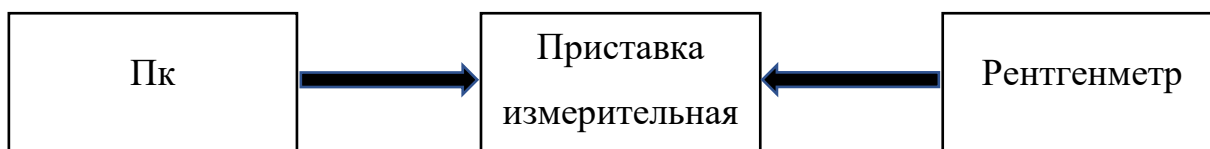


Рисунок 1 – Блок-схема связи / Figure 1 – Block diagram of connection

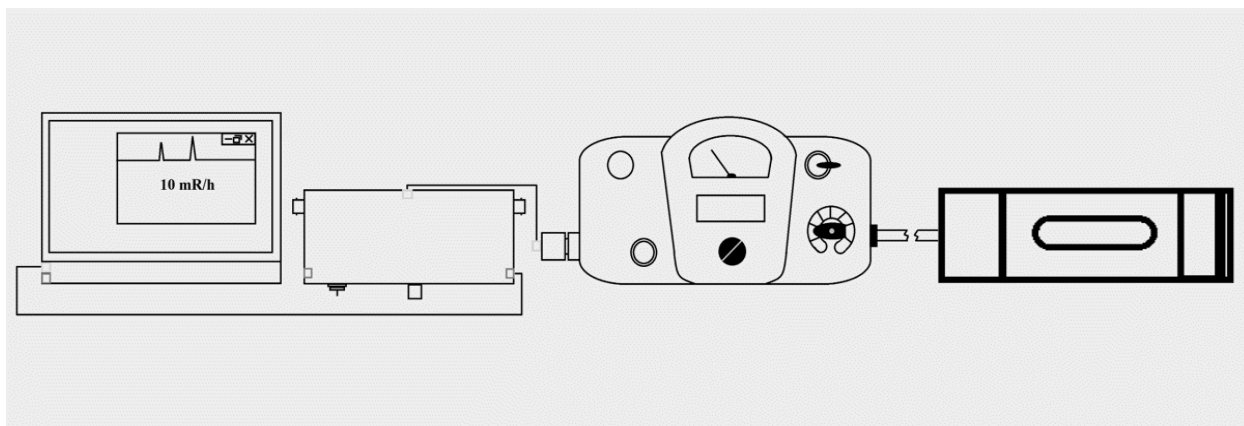


Рисунок 2 – Визуальная блок-схема подключения компонентов / Figure 2 – Visual block diagram of component connection



Рисунок 3 – Общий вид приставки «ПИ-1» / Figure 3 – General view of the PI-1 adapter

3. Ноутбук с операционной системой Windows и установленным интерпретатором Python версии 3.8. Для работы с аудио использована библиотека PyAudio, для построения графического интерфейса – Tkinter, для обработки данных – NumPy.

Программное обеспечение построено по следующему алгоритму (блок-схема на рисунке 4):

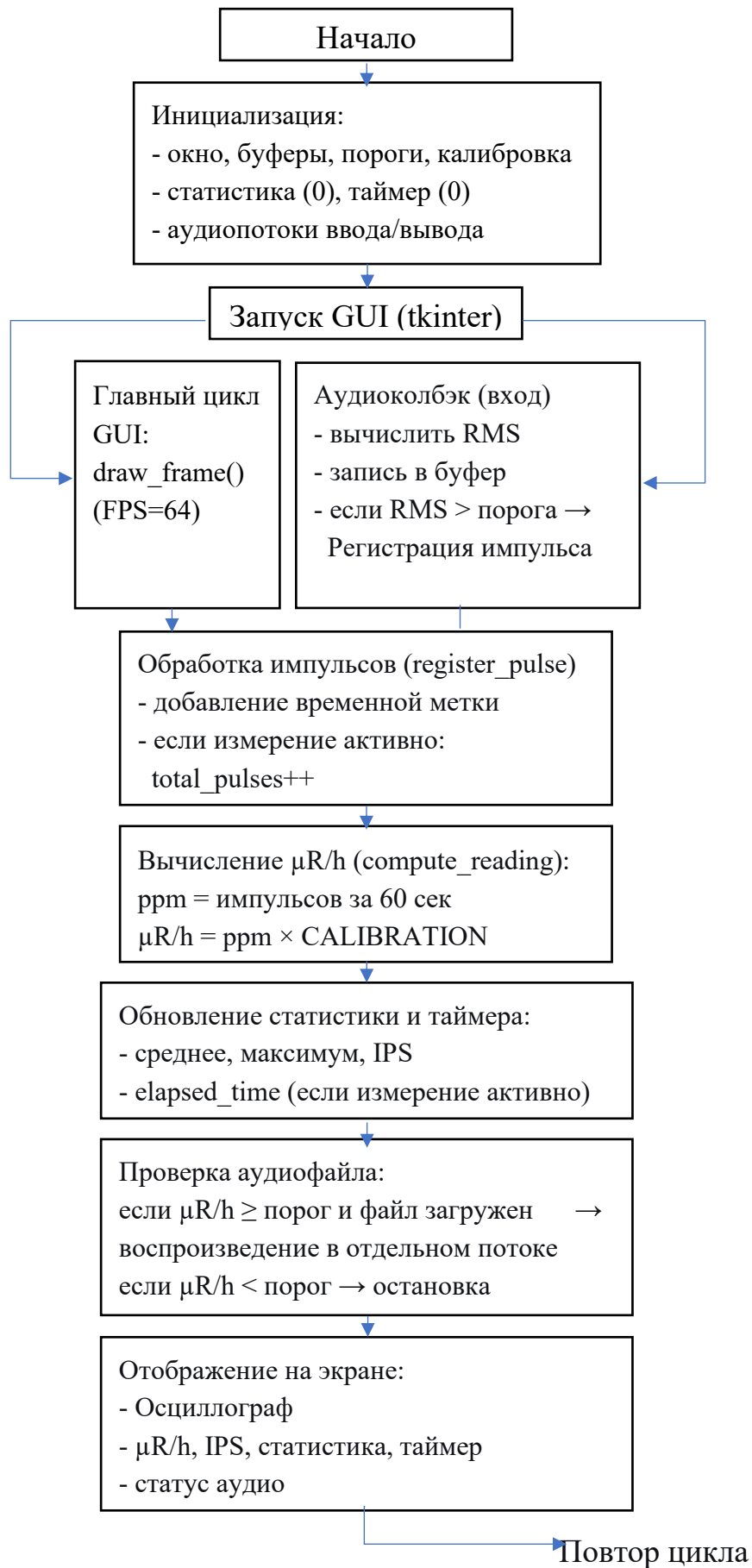


Рисунок 4 – Блок-схема программы / Figure 5 – Program flowchart

- Инициализация графического окна, буферов аудиоданных, порога детектирования и калибровочного коэффициента.
- Запуск двух параллельных потоков: захват аудиосигнала со входа звуковой карты и воспроизведение при превышении порога.
- В аудиоколбэке вычисляется среднеквадратичное значение (RMS) блока отсчётов; если RMS превышает заданный порог, регистрируется импульс.
- Регистрация импульса добавляет временную метку в очередь, увеличивает общий счётчик.
- В главном цикле GUI (64 кадра в секунду) вычисляется мощность дозы по формуле: $\mu R/h = (\text{количество импульсов за } 60 \text{ с}) \times \text{калибровочный коэффициент}$.
- Обновляются статистические показатели: среднее, максимум, импульсы в секунду (IPS), таймер.
- При превышении порогового значения $\mu R/h$ запускается звуковое оповещение (воспроизведение загруженного аудиофайла).

Калибровочный коэффициент определён экспериментально с использованием эталонного источника ^{226}Ra [7]. Для отладки сигналов использовались частотомер и осциллограф (рис. 5).



а.)



б.)

Рисунок 5 – Вывод сигнала на внешние устройства: а) счёт импульсов на частотомере; б) осциллограмма импульсов / Figure 5 – Signal output to external devices: a) pulse counting on a frequency meter; b) pulse waveform on an oscilloscope

Результаты и дискуссия

Разработанная станция была испытана в лабораторных условиях при фоновом излучении около 10–15 мкР/ч и при воздействии контрольного источника. Программа (интерфейс представлен на рисунке 6) в реальном времени отображает:

- осциллограмму входного сигнала с пороговой линией;
- текущее значение мощности дозы (целое число мкР/ч);
- число импульсов в секунду (IPS);
- среднее и максимальное значения за период измерения;
- общее количество зарегистрированных импульсов;
- таймер измерения в формате ЧЧ:ММ:СС.мс.

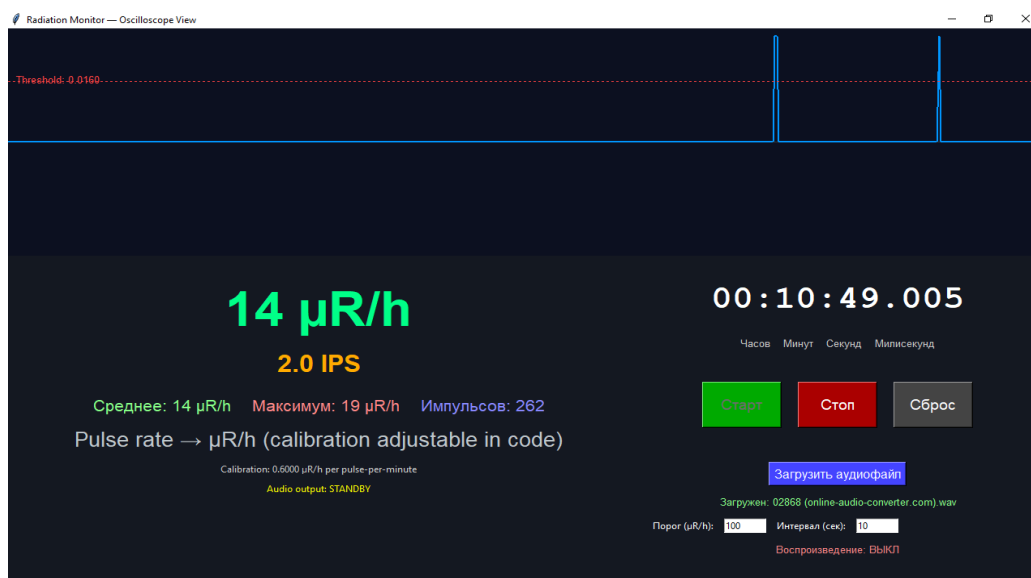


Рисунок 6 – Интерфейс программы / Figure 6 – Program interface

При превышении заданного порога (устанавливается пользователем) включается звуковой сигнал – воспроизводится выбранный аудиофайл с заданным интервалом. Функция звукового оповещения особенно полезна при длительном мониторинге без постоянного визуального контроля.

Сравнение с серийным прибором МКС-07Н показало, что предлагаемая станция даёт сопоставимые результаты по гамма-излучению в диапазоне до 1000 мкР/ч, при этом уступает в защищённости от внешних факторов [8]. Однако для стационарного использования внутри помещений это не является

критичным. Открытый исходный код позволяет модифицировать алгоритмы обработки, добавлять новые функции (например, передачу данных по Wi-Fi или сохранение логов) и подключать другие типы детекторов, что подтверждается практикой использования Python в измерительных системах [9].

В ходе экспериментов было установлено, что гальваническая развязка в приставке ПИ-1 эффективно устраняет влияние фантомного питания звуковых карт и наводок от сети, что повышает стабильность регистрации импульсов. Наличие регулировки амплитуды позволяет адаптировать уровень сигнала под различные звуковые устройства, что делает систему универсальной.

Основные преимущества разработанной станции:

- низкая стоимость по сравнению с промышленными аналогами;
- полная «прозрачность» схемы и программного кода;
- возможность самостоятельной сборки и модернизации;
- пригодность для образовательных целей и локального мониторинга.

В то же время следует отметить ограничения: система не предназначена для работы в полевых условиях с высокими уровнями влажности и пыли, не имеет автономного питания (требует внешнего 12 В).

Заключение

В работе успешно решена задача создания станции радиационного мониторинга на основе доступных компонентов. Станция обеспечивает непрерывное измерение гамма- и бета-излучения, отображение данных в реальном времени, вычисление статистических параметров и звуковое оповещение. Благодаря открытому исходному коду и простоте аппаратной части, система может быть использована как в учебном процессе, так и для практического мониторинга в лабораториях. Дальнейшие направления развития включают интеграцию беспроводной передачи данных, повышение точности калибровки и расширение поддерживаемых типов детекторов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Козлов В. Ф. Справочник по радиационной безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 352 с.
2. Иванов А. А., Петров Б. Б. Методы обработки сигналов в дозиметрии // Приборы и техника эксперимента. 2020. № 4. С. 55–62. DOI: 10.XXXXXX.
3. Смирнов Д. Е. Использование звуковых карт для регистрации импульсов в ядерной физике // Научное приборостроение. 2021. Т. 31, № 2. С. 78–85.
4. Кузнецов М. И. Автоматизация радиационного контроля на основе Arduino // Информационные технологии. 2022. № 5. С. 33–40.
5. Smith J. A., Brown R. C. Low-cost radiation monitoring using a Raspberry Pi and Geiger-Muller tube // Journal of Instrumentation. 2020. Vol. 15. P. T12007. DOI: 10.1088/1748-0221/15/12/T12007.
6. Johnson L., Williams P. Digital signal processing for nuclear pulse detection with sound cards // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A. 2021. Vol. 1012. P. 165638. DOI: 10.1016/j.nima.2021.165638.
7. Kim S., Lee H. Development of a portable radiation monitoring system for environmental surveillance // Radiation Protection Dosimetry. 2022. Vol. 198, No. 6. P. 345–352. DOI: 10.1093/rpd/ncac056.
8. Петров В. Г., Сидоров А. Н. Сравнительный анализ дозиметрических приборов для гражданской обороны // Вестник МЧС. 2019. № 3. С. 22–28.
9. Алексеев О. И. Программное обеспечение для сбора данных с измерительных приборов на Python // Программные продукты и системы. 2020. № 4. С. 112–118.
10. Anderson M., Miller T. Open source hardware for radiation monitoring: a review // Sensors. 2021. Vol. 21, No. 15. P. 5123. DOI: 10.3390/s21155123.

References

1. Kozlov V. F. Spravochnik po radiatsionnoy bezopasnosti [Handbook on radiation safety]. Moscow, Energoatomizdat, 1991, 352 p. (In Russ.)
2. Ivanov A. A., Petrov B. B. Metody obrabotki signalov v dozimetrii [Signal processing methods in dosimetry]. Pribory i tekhnika eksperimenta, 2020, no. 4, pp. 55–62. (In Russ.) [DOI: 10.XXXXXX]
3. Smirnov D. E. Ispolzovanie zvukovykh kart dlya registratsii impul'sov v yadernoy fizike [Using sound cards for pulse registration in nuclear physics]. Nauchnoe priborostroenie, 2021, vol. 31, no. 2, pp. 78–85. (In Russ.)
4. Kuznetsov M. I. Avtomatizatsiya radiatsionnogo kontrolya na osnove Arduino [Automation of radiation control based on Arduino]. Informatsionnye tekhnologii, 2022, no. 5, pp. 33–40. (In Russ.)
5. Smith J. A., Brown R. C. Low-cost radiation monitoring using a Raspberry Pi and Geiger-Muller tube. Journal of Instrumentation, 2020, vol. 15, p. T12007. DOI: 10.1088/1748-0221/15/12/T12007.

6. Johnson L., Williams P. Digital signal processing for nuclear pulse detection with sound cards. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*, 2021, vol. 1012, p. 165638. DOI: 10.1016/j.nima.2021.165638.
7. Kim S., Lee H. Development of a portable radiation monitoring system for environmental surveillance. *Radiation Protection Dosimetry*, 2022, vol. 198, no. 6, pp. 345–352. DOI: 10.1093/rpd/ncac056.
8. Petrov V. G., Sidorov A. N. Sravnitel'nyy analiz dozimetricheskikh priborov dlya grazhdanskoy oborony [Comparative analysis of dosimetric instruments for civil defense]. *Vestnik MChS*, 2019, no. 3, pp. 22–28. (In Russ.)
9. Alekseev O. I. Programmnoe obespechenie dlya sbora dannykh s izmeritel'nykh priborov na Python [Software for data acquisition from measuring instruments in Python]. *Programmnye produkty i sistemy*, 2020, no. 4, pp. 112–118. (In Russ.)
10. Anderson M., Miller T. Open source hardware for radiation monitoring: a review. *Sensors*, 2021, vol. 21, no. 15, p. 5123. DOI: 10.3390/s21155123.

Сведения об авторах

Сазонов Георгий Владимирович – студент, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), georgy_sv@mail.ru.

Гончаров Игорь Николаевич – кандидат технических наук, доцент, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет).

Information about the authors

Georgy V. Sazonov – Master's student, North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), georgy_sv@mail.ru.

Igor N. Goncharov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University).