

**КЛАССИФИКАЦИЯ РУДЫ ПРИ ХРТ-ОБОГАЩЕНИИ**

**Бетеня Д.С. (ИТМО), Верховская Я.И. (ИЦ «Буревестник»),  
Ветров П.Г. (ИЦ «Буревестник»), Каштанов И.Е. (ИЦ «Буревестник»),  
Научный руководитель – доцент, кандидат физико-математических наук,  
директор ВШЦК Михайлова Е.Г. (ИТМО)**

**Введение.** За последние 5 лет применение глубокого обучения в горнодобывающей промышленности значительно расширилось [1]. Искусственный интеллект был внедрен для решения целого ряда проблем, связанных с разведкой месторождений, добычей руды и металлов, а также процессами рекультивации. Разработка новых подходов в сепарации руды является одной из приоритетных задач Инновационного центра «Буревестник» – крупнейшего в мире предприятия по исследованию и производству рентгеновской аппаратуры для промышленных и научных целей. В данной работе предлагается новый подход в разделении породы, основанный на алгоритмах машинного обучения, для повышения эффективности выпускаемых сепараторов.

**Основная часть.** Описанные в обзорном источнике [2] статьи в области сортировки руды использовали в качестве данных рентгенограммы, сделанные при различных энергиях излучения или при различном времени регистрации [3]. Отличие и новизна задачи, описанной в данном проекте, заключается в измерении кроме поглощения рентгеновского излучения еще одного параметра – высоты объектов, а также проведение классификации в режиме реального времени с учетом скорости движения транспортерной ленты с рудой. Для обучения алгоритма были собраны выборки по трем видам минералов: серебру, вольфраму и олову, а также проведены эксперименты с целью получения данных с регистрирующими приборами сепаратора: датчиков рентгеновского излучения и триангуляционного измерителя толщины. Далее была выполнена предварительная обработка этих данных: синхронизация каналов, удаление выбросов, нормализация относительного темного тока и уровня пустой ленты, а также фильтрация точек, не несущих в себе информации [4]. Для визуального анализа полезного компонента в породе и разметки была сформирована классификационная таблица, учитывающая класс крупности материала, скорость перемещения транспортерной ленты и частоту формирования входных данных от детекторов. По ее графику на рентгенограмме минерала были показаны цветом точки, относящиеся к полезному компоненту, найденные тремя способами: ручным выделением, аналитической функцией и иерархической кластеризацией. Дополнительно были написаны программы для построения наложения изображений рентгена и высоты, а также 3D-изображений с цветовой шкалой, соответствующей интенсивности поглощенного излучения. В качестве архитектуры для классификации объектов была выбрана сверточная нейронная сеть.

**Выводы.** На данный момент выпускаемое в Инновационном центре «Буревестник» оборудование предназначено для сепарации только алмазов, однако применение искусственного интеллекта позволит модернизировать технологический процесс и расширить список добываемых минералов.

**Список использованных источников:**

1. C. Corrigan, P. Laye. The Use of AI in the Mining Industry – Insights and Ethical Considerations // IEAI Research Brief. – 2022. – P. 1–9.
2. F. Azhari, C. Sennersten, C. Lindley. Deep learning implementations in mining applications: a compact critical review // Artif Intell Rev. – 2023. – № 56. – P. 14367–14402.
3. H. Torbati-Sarraf, S. Niverty, R. Singh. Machine-Learning-based Algorithms for Automated Image Segmentation Techniques of Transmission X-ray Microscopy (TXM) // JOM: the journal of the Minerals, Metals & Materials Society. – 2021. – № 73. – P. 2173–2184.

4. Carl-Johannes Johnsen. Automated AI Learning for X-Ray Based Classification. – 2021.