

Код МРНТИ 36.23.31

*А. Ильясова¹, Д.Э. Урманова¹, Э.Б. Серикбаева², С.В. Турсбеков¹
¹Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),
²Институт Ионосферы (г. Алматы, Казахстан)

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КАРТИРОВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация. В статье рассматривается геологическое картирование с использованием данных дистанционного зондирования. Проведен сравнительный анализ метода Band Math в средах ENVI и Google Earth Engine. Оценка включала точность выделения объектов, скорость обработки, удобство реализации и визуальное качество карт. Используются данные ASTER для построения минералогических индексов оксидов железа, серицита и карбонатов. Показано, что ENVI обеспечивает более детальное выявление аномалий, в то время как GEE эффективен при масштабной обработке данных. Новизна работы заключается в комплексном количественном сравнении результатов в обоих программных решениях и обосновании комбинированного применения для задач геологического анализа.

Ключевые слова: геологическое картирование, методы спектрального анализа, дистанционное зондирование, ASTER, ENVI, Google Earth Engine, Band Math, минералогические индексы, геоинформационные технологии, обработка спутниковых данных.

Геологиялық нысандарды картаға түсірудің математикалық әдістерінің дәлдігін бағалау

Аннотация. Мақала Жерді қашықтықтан зондтау деректерін пайдалана отырып, геологиялық карталауға арналған. Зерттеу барысында ENVI және Google Earth Engine бағдарламаларында Band Math әдісі қолданылып, нәтижелері салыстырмалы түрде бағаланды. Бағалау критерийлері ретінде объектілерді анықтау дәлдігі, өңдеу жылдамдығы, іске асыру ыңғайлылығы және визуалды сапа қолданылды. ASTER деректері негізінде темір оксидтері, серицит және карбонат аймақтары анықталды. ENVI нақты минералогиялық аномалияларды көрсетуімен ерекшеленсе, GEE кең ауқымды өңдеуде тиімділігімен сипатталады. Мақалада екі бағдарламалық ортаның артықшылықтары мен шектеулері көрсетіліп, оларды біріктіріп қолдану ұсынылады.

Түйінді сөздер: геологиялық карта жасау, спектрлік талдау әдістері, қашықтықтан зондтау, ASTER, ENVI, Google Earth Engine, Band Math, минералогиялық индекстер, геоқпараттық технологиялар, спутниктік деректерді өңдеу.

Assessment of the accuracy of mathematical methods for mapping geological objects

Abstract. This study focuses on geological mapping using remote sensing data processed with the Band Math method in ENVI and Google Earth Engine (GEE) platforms. The main objective was to evaluate the accuracy and effectiveness of each software environment in detecting mineralogical anomalies based on ASTER satellite data. Three key mineral indices were analyzed: iron oxides, sericite, and carbonates. The study assessed the accuracy of object delineation, processing speed, implementation convenience, and visual quality. The results showed that ENVI provides higher spatial detail and better contrast, especially for small-scale anomalies, while GEE demonstrated higher processing speed and efficiency for large-area analyses due to its cloud-based architecture. A pixel-based statistical comparison revealed quantifiable differences between platforms. The study concludes with a recommendation for combined use: GEE for preliminary analysis and ENVI for detailed mineralogical mapping. This dual-platform approach contributes to more flexible and scalable workflows in geological remote sensing.

Key words: geological mapping, mineralogical analysis, Band Math, ENVI, Google Earth Engine, ASTER, remote sensing, spectral indices, satellite data processing, geospatial technologies.

Введение

Актуальность. Современное геологическое картирование все шире использует методы спектрального анализа дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), среди которых метод математических операций над каналами (Band Math) зарекомендовал себя как эффективный инструмент для выделения минералогических аномалий. Однако, несмотря на идентичность алгоритма, реализация одного и того же метода в разных программных средах может давать отличающиеся результаты. Такие различия затрагивают как точность выделения объектов, так и визуальное представление данных, вычислительную нагрузку и удобство реализации. Это обусловлено различиями в технической архитектуре, способах интерполяции, масштабировании и методах нормализации данных.

Таким образом, актуальность настоящего исследования заключается в том, чтобы определить, насколько применение одного и того же метода Band Math в различных программных платформах – при одинаковых исходных данных и параметрах – может привести к расхождениям в результатах геологического картирования. Такой подход позволяет не просто сравнивать программное обеспечение, а глубже понять влияние среды выполнения на итоговые данные и интерпретацию геологических объектов. Это особенно важно при разработке воспроизводимых и надежных технологических процессов обработки данных в прикладной геоинформатике и дистанционном зондировании.

Обзор литературы. Наиболее широко применяемыми методами обработки многоспектральных данных являются анализ главных компонент (PCA), отношение спектральных каналов (Band Ratio) и математические операции над каналами (Band Math). Эти методы реализованы в таких программных продуктах, как ENVI и Google Earth Engine (GEE), и активно используются для геологического картирования. В ряде работ [1–9] показано, что метод Band Math позволяет эффективно выделять зоны литологических изменений, особенно на данных ASTER. При этом, как правило, такие исследования ограничиваются применением одного программного средства, тогда как их сопоставительный анализ встречается крайне редко.

Цель и задачи. Цель настоящего исследования – провести количественное сравнение реализации метода Band Math в средах ENVI и Google Earth Engine (GEE) при идентичных входных параметрах, а также определить влияние программной реализации на результаты минералогического картирования. В задачи входит:

- построение минералогических индексов по данным ASTER с использованием метода Band Math;
- сравнение результатов обработки в ENVI и GEE по визуальным и числовым критериям при одинаковых исходных параметрах;
- выявление оптимальных условий применения каждой среды;
- обоснование возможности комбинированного использования ENVI и GEE для задач минералогического картирования.

Материалы и методы

В настоящем исследовании использовались мульти-спектральные спутниковые данные ASTER, охватывающие 14 каналов в диапазонах VNIR, SWIR и TIR.

Исследуемая территория – Абайская область на востоке Казахстана, включающая Актогайский медный рудник. Регион характеризуется палеозойскими, осадочными и магматическими породами.

Данные обрабатывались в ENVI 5.6 и Google Earth Engine. В ENVI выполнены атмосферная, радиометрическая и геометрическая коррекции. Для пространственного анализа использовался ArcGIS Pro. Метод Band Math основан на анализе спектральных отражений минералов в разных диапазонах VNIR и SWIR. В данной работе использовались три минералогических индекса: оксиды железа (B4/B3), карбонат / хлорит / эпидот (B7+B9/B8) и серицит – глинистые минералы (B5/B7) [10].

Применение Band Math в ENVI осуществлялось через встроенную функцию Band Math, а в Google Earth Engine – через JavaScript API. Для корректного сравнения результатов использовалась нормализация данных: в ENVI применялся метод Stretch Data, а в GEE – приведение значений к диапазону [0,1].

Критерии сравнения

Для оценки эффективности методов, реализованных в ENVI и Google Earth Engine, использовались следующие критерии:

- Точность выделения геологических объектов – степень различимости минералогических особенностей на полученных изображениях.
- Время обработки данных – сравнительный анализ вычислительной нагрузки и скорости выполнения расчетов в обеих программных средах.
- Удобство реализации – сложность настройки параметров, необходимость ручной корректировки и доступность автоматизированных процессов.
- Визуальное качество результатов – анализ интерпретируемости выходных данных, включая уровень детализации и различимость геологических структур.

Применение данных критериев позволило провести всесторонний анализ обоих программных решений и оценить их пригодность для геологического картирования.

Результаты

Анализ индексов минералов. Построенные карты индексов оксидов железа, серицита и карбонатов показали различия в детализации. ENVI обеспечил более четкое разделение минералогических аномалий, в то время как результаты GEE выглядели сглаженными.

По индексу оксидов железа значения в ENVI демонстрировали большую контрастность, особенно на участках с резким изменением состава (рис. 1). Визуально карты из GEE были менее детализированы, что может быть связано с особенностями обработки и интерполяции.

Для количественного анализа были вычислены статистические параметры индексов минералов: минимум, максимум, среднее значение и стандартное отклонение.

Средние значения индексов в обеих средах отличались незначительно (отличие составило около 0.2 DN), при этом стандартные отклонения оказались выше в ENVI, что указывает на лучшее различение мелких особенностей. Расчеты проводились по всей сцене с использованием единых масок для ENVI и GEE, чтобы обеспечить сопоставимость. Значения в GEE были приведены к диапазону [0,1], в то время как в ENVI применялся метод Stretch Data (таблицы 1–3).

Таблица 1

Статистические параметры разницы значений индекса оксидов железа между ENVI и Google Earth Engine (GEE)

Кесте 1

ENVI және Google Earth Engine (GEE) арасындағы темір оксидтері индексінің айырмашылықтарының статистикалық параметрлері

Table 1

Statistical parameters of iron oxide index differences between ENVI and Google Earth Engine (GEE)

Название индекса	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Стандартное отклонение
Iron Oxide	-3	2	-0.2276	0.8026

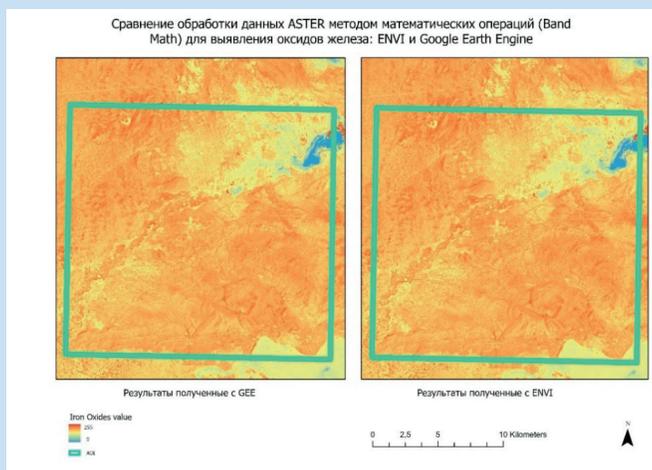


Рис. 1. Сравнение результатов Band Math для выявления оксидов железа.

Сурет 1. Темір оксидтерін анықтау үшін Band Math әдісімен алынған нәтижелерді салыстыру.

Figure 1. Comparison of Band Math results for detecting iron oxides.

На рис. 2 представлено сравнение результатов метода Band Math для выявления серицита. Аналогичная картина наблюдалась и при сравнении серицитового индекса: ENVI более точно выделяет зоны концентрации, в то время как GEE демонстрирует более плавные переходы и размытие контуров. Для объективного анализа была проведена статистическая оценка разницы значений индекса серицита между ENVI и GEE (таблица 2).

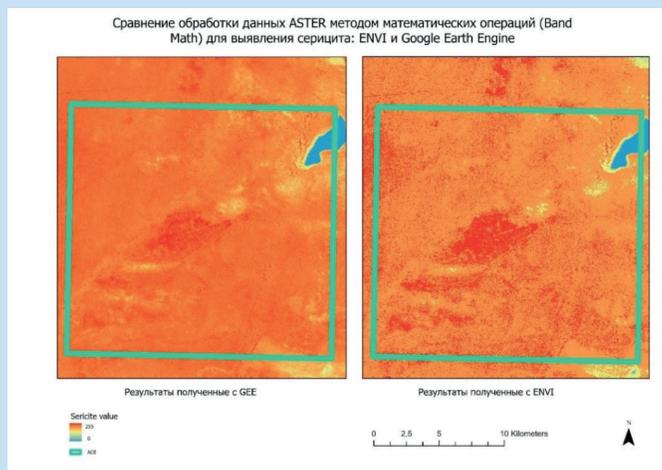


Рис. 2. Сравнение результатов Band Math для выявления глинистых минералов (серицит).

Сурет 2. Серицитті (глинисті минералдарды) анықтау үшін Band Math әдісімен алынған нәтижелерді салыстыру.
Figure 2. Comparison of Band Math results for detecting clay minerals (sericite).

Таблица 2

Статистические параметры разницы значений индекса серицита между ENVI и Google Earth Engine (GEE)

Кесте 2

ENVI және Google Earth Engine (GEE) арасындағы серицит индексінің айырмашылықтарының статистикалық параметрлері

Table 2

Statistical parameters of sericite index differences between ENVI and Google Earth Engine (GEE)

Название индекса	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Стандартное отклонение
Sericite	-10	4	-2.37	3.04

По карбонатам в ENVI четко прослеживались зоны накопления (рис. 3), в GEE площадь зон была расширена, но с потерей резкости границ. Это также отражено в статистических показателях: ENVI продемонстрировал более высокую вариативность значений индекса, что видно по стандартному отклонению в таблице 3.

Несмотря на схожие статистические показатели, увеличение площади зон с высокими значениями индекса в GEE, вероятно, обусловлено особенностями алгоритмов обработки данных, ориентированных на анализ больших территорий. Это стоит учитывать при интерпретации полученных данных.

Сравнение программных решений по критериям.

Точность выделения геологических объектов. Результаты показали, что метод Band Math, реализованный в ENVI, обеспечивает более четкое выделение границ минералогических аномалий. В GEE наблюдается значительное сглаживание данных, что может снижать контрастность минералогических объектов.

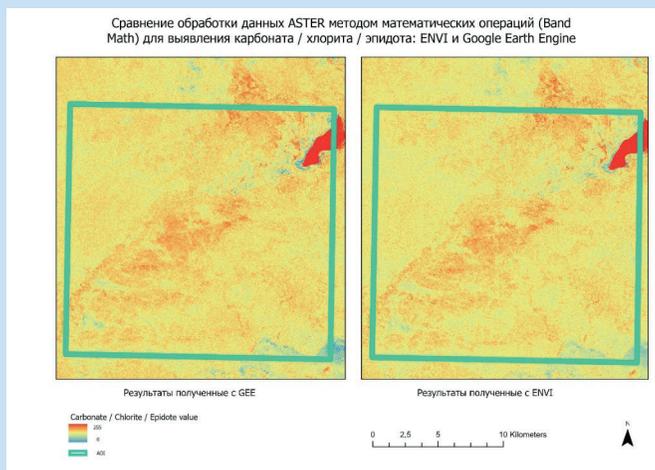


Рис. 3. Сравнение результатов Band Math для выявления карбонатов.

Сурет 3. Карбонаттарды анықтау үшін Band Math әдісімен алынған нәтижелерді салыстыру.
Figure 3. Comparison of Band Math results for detecting carbonates.

Таблица 3

Статистические параметры разницы значений индекса карбонатов между ENVI и Google Earth Engine (GEE)

Кесте 3

ENVI және Google Earth Engine (GEE) арасындағы карбонат индексінің айырмашылықтарының статистикалық параметрлері

Table 3

Statistical parameters of carbonate index differences between ENVI and Google Earth Engine (GEE)

Название индекса	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Стандартное отклонение
Carbonate	-5	6	-1.35	2.465

Время обработки данных. Google Earth Engine продемонстрировал более высокую вычислительную эффективность при обработке больших объемов данных за счет облачной инфраструктуры. ENVI, несмотря на высокую точность, требует значительных вычислительных ресурсов, что может замедлять процесс обработки при анализе больших территорий.

Удобство реализации. ENVI предоставляет более интуитивно понятный интерфейс для специалистов, не обладающих навыками программирования. GEE, в свою очередь, требует знания JavaScript или Python для написания пользовательских алгоритмов, что может усложнять реализацию для пользователей без опыта работы с кодом.

Визуальное качество результатов. ENVI обеспечивает более детализированное изображение минералогических объектов за счет отсутствия автоматической интерполяции данных. GEE, напротив, демонстрирует сглаженные переходы между зонами, что делает интерпретацию менее четкой, но может быть полезным при крупномасштабном анализе.

Обсуждение результатов

Полученные различия между ENVI и GEE объясняются, прежде всего, особенностями интерполяции, масштабирования и предварительной обработки. Высокая детализация ENVI обусловлена отсутствием автоматического сглаживания, что делает его предпочтительным для анализа локальных аномалий. GEE, в свою очередь, предлагает высокую производительность и удобство автоматизации для крупных территорий. Это делает GEE привлекательным для этапа предварительного картирования.

Сравнение показывает, что применение Band Math в разных средах приводит к значимым различиям как в визуальной интерпретации, так и в статистике пиксельных значений. Однако такие различия могут быть использованы комплементарно: предварительный анализ в GEE может быть дополнен уточнением в ENVI.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило, что выбор программного обеспечения существенно влияет на ре-

зультаты геологического картирования методом Band Math. Среда ENVI показала преимущество в детализации и точности, тогда как GEE обеспечила скорость и масштабируемость. Рекомендуется комбинированный подход: использование GEE на этапе первичного анализа и ENVI для последующей детальной интерпретации. Впервые дано количественное сопоставление этих платформ по статистике значений индексов минералов, что расширяет инструментарий исследователя при выборе подхода к интерпретации ДЗЗ. Представленная работа выходит за рамки простого сопоставления программных решений, так как включает в себя количественную оценку различий, теоретическое обоснование методологических расхождений и предложенный комбинированный подход, пригодный для масштабируемого геологического анализа.

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № BR21882179).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Olasunkanmi N., Magawata U., Bayowa O.G. Оценка метода соотношения изображений: определение структурных особенностей и характеристик минерализации в юго-западной части бассейна Сокото в Нигерии с использованием снимков Landsat 8 // *Kuwait Journal of Science*. 2023. Т. 50. № 4. С. 803–811 (на английском языке)
2. Zhu X., Zhang C., Huang X. Анализ главных компонент минерального и элементного состава руд месторождения Баян-Обо Nb-Fe-REE: значение для процесса минерализации и классификации руд // *Обзоры геологии руд*. 2024. Т. 167. С. 105972 (на английском языке)
3. Purwadi I., Van Der Werff H., Lievens C. Нацеливание на шахтные хвосты, содержащие редкоземельные элементы, на острове Банка, Индонезия, с помощью Sentinel-2 MSI // *Международный журнал прикладного наблюдения за Землей и геоинформатики*. 2020. Т. 88. С. 102055 (на английском языке)
4. Madani A.A., Etmad A.A. Соотношения полос SWIR ASTER для литологического картирования и разведки полезных ископаемых: пример из области Эль-Худи, юго-восточная пустыня, Египет // *Arabian Journal of Geosciences*. 2009. Т. 4. № 1–2. С. 45–52 (на английском языке)
5. Yang C., Jia H., Dong L. Выбор оптимальной комбинации полос LANDSAT-8 (OLI) для картирования зон изменений // *Дистанционное зондирование*. 2024. Т. 16. № 2. С. 392 (на английском языке)
6. Сдвиговые золотые руды в поясе сдвига Вади Ходейн, юго-восточная пустыня Египта: анализ данных дистанционного зондирования, полевых и структурных данных / El-Wahed M.A. [и др.] // *Minerals*. 2021. Т. 11. № 5. С. 474 (на английском языке)
7. Van der Meer F. Анализ спектральных характеристик поглощения на гиперспектральных снимках // *Международный журнал прикладных наблюдений Земли и геоинформатики*. 2004. Т. 5. № 1. С. 55–68 (на английском языке)
8. Gad S., Kusky T. Спектральное соотношение ASTER для литологического картирования в Аравийско-Нубийском щите, Вади Куд, Синай, Египет // *Gondwana Research*. 2006. Т. 11. № 3. С. 326–335 (на английском языке)
9. Исследование редкометалльной минерализации с помощью дистанционного зондирования и геофизики структурно-контролируемых гидротермальных изменений / Abdelkader M.A. [и др.] // *Журнал геохимической разведки*. 2024. Т. 267. С. 107598 (на английском языке)
10. Kalinowski A., Oliver S. Руководство по обработке индексов минералов ASTER // *Remote Sensing Applications. Geoscience Australia*, 2004 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Olasunkanmi N., Magawata U., Bayowa O.G. Кескіннің корреляциялық әдісін бағалау: Landsat 8 кескіндерін пайдалана отырып, Нигерияның оңтүстік-батыс Сокото бассейнінің құрылымдық ерекшеліктері мен минералдану сипаттамаларын анықтау // *Kuwait Journal of Science*. 2023. Т. 50. № 4. Б. 803–811 (ағылшын тілінде)

2. Zhu X., Zhang C., Huang X. Баян-Обо Nb-Fe-REE кен орны рудаларының минералдық және элементтік құрамының негізгі компоненттерін талдау: минералдану процесі мен кенді жіктеуге әсері // *Ore Geology Reviews*. 2024. Т. 167. 105972 (ағылшын тілінде)
3. Purwadi I., Van Der Werff H., Lievens C. Индонезиядағы Банка аралында сирек жер элементтері бар шахталық қалдықтарды Sentinel-2 MSI арқылы нысанаға алу // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2020. Т. 88. Б. 102055 (ағылшын тілінде)
4. Madani A.A., Emam A.A. Египеттегі Эль-Худи аймағында литологиялық карта жасау және пайдалы қазбаларды барлау үшін SWIR ASTER жолақтарының қатынасы // *Arabian Journal of Geosciences*. 2009. Т. 4. № 1–2. Б. 45–52 (ағылшын тілінде)
5. Yang C., Jia H., Dong L. Өзгеріс аймақтарын картаға түсіру үшін LANDSAT-8 (OLI) операциялық бейнелеуішінің оңтайлы жолақ комбинациясын таңдау // *Remote Sensing*. 2024. Т. 16. № 2. Б. 392 (ағылшын тілінде)
6. Египеттің оңтүстік-шығыс шөліндегі Вади Ходейн ығысым белдеуіндегі ығысыммен байланысты алтын кендері: қашықтықтан зондтау, далалық және құрылымдық деректерді талдау / El-Wahed M.A. [және т. б.] // *Minerals*. 2021. Т. 11. № 5. 474 (ағылшын тілінде)
7. Van der Meer F. Гиперспектралды кескіндердегі спектрлік жұтылу ерекшеліктерін талдау // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2004. Т. 5. № 1. Б. 55–68 (ағылшын тілінде)
8. Gad S., Kusky T. ASTER спектрлік қатынасы арқылы Араб-Нубия қалқаны, Синай, Египеттегі Вади Кид аймағында литологиялық карталау // *Gondwana Research*. 2006. Т. 11. № 3. Б. 326–335 (ағылшын тілінде)
9. Құрылыммен басқарылатын гидротермиялық өзгерістерді кешенді қашықтықтан зондтау және геофизикалық талдау арқылы сирек металдардың минералдануын кеңейтілген зерттеу / Abdelkader M.A. [және т. б.] // *Journal of Geochemical Exploration*. 2024. Т. 267. Б. 107598 (ағылшын тілінде)
10. Kalinowski A., Oliver S. ASTER минералдық индексін өңдеу жөніндегі нұсқаулық // *Remote Sensing Applications. Geoscience Australia, 2004* (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Olasunkanmi N., Magawata U., Bayowa O.G. Assessment of image ratio technique: targeting structural features and mineralization characteristics in the southwestern part of the Sokoto Basin in Nigeria using Landsat 8 imagery // *Kuwait Journal of Science*. 2023. V. 50. No. 4. 803–811 pp. (in English)
2. Zhu X., Zhang C., Huang X. Principal component analysis of mineral and element composition of ores from the Bayan Obo Nb-Fe-REE deposit: implication for mineralization process and ore classification // *Ore Geology Reviews*. 2024. V. 167. 105972 p. (in English)
3. Purwadi I., Van Der Werff H., Lievens C. Targeting rare earth element bearing mine tailings on Bangka Island, Indonesia, with Sentinel-2 MSI // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2020. V. 88. 102055 p. (in English)
4. Madani A.A., Emam A.A. SWIR ASTER band ratios for lithological mapping and mineral exploration: a case study from El Hudi area, southeastern desert, Egypt // *Arabian Journal of Geosciences*. 2009. V. 4. No. 1–2. 45–52 pp. (in English)
5. Yang C., Jia H., Dong L. Selection of LANDSAT-8 Operational Land Imager (OLI) optimal band combinations for mapping alteration zones // *Remote Sensing*. 2024. V. 16. No. 2. 392 p. (in English)
6. Shear-related gold ores in the Wadi Hodein Shear Belt, southeastern desert of Egypt: analysis of remote sensing, field and structural data / El-Wahed M.A. [et al.] // *Minerals*. 2021. V. 11. No. 5. 474 p. (in English)
7. Van der Meer F. Analysis of spectral absorption features in hyperspectral imagery // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2004. Vol. 5. No. 1. P. 55–68 (in English)
8. Gad S., Kusky T. ASTER spectral ratioing for lithological mapping in the Arabian–Nubian Shield, the Neoproterozoic Wadi Kid area, Sinai, Egypt // *Gondwana Research*. 2006. Vol. 11. No. 3. P. 326–335 (in English)
9. Advanced exploration of rare metal mineralization through integrated remote sensing and geophysical analysis of structurally-controlled hydrothermal alterations / Abdelkader M.A. [et al.] // *Journal of Geochemical Exploration*. 2024. V. 267. 107598 p. (in English)
10. Kalinowski A., Oliver S. ASTER Mineral Index Processing Manual // *Remote Sensing Applications. Geoscience Australia, 2004* (in English)

Сведения об авторах:

Ильслова А.К., Ph.D докторант, кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия», Институт горного дела и металлургии им. О.А. Байконырова, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), ager9106@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-3999-536X>

Урманова Д.Э., Ph.D, старший преподаватель кафедры «Гидрогеология, инженерная и нефтегазовая геология», Институт геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), d.urmanova@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0001-8622-8898>

Серикбаева Э.Б., магистр техн. наук, Институт Ионосферы (г. Алматы, Казахстан), seikbayeva@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0001-3475-8931>

Турсбеков С.В., к.т.н., доцент кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», Институт горного дела и металлургии им. О.А. Байконырова, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), s.tursbekov@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0001-7320-5689>

Авторлар туралы мәліметтер:

Ильслова А., Ph.D докторанты, О.А. Байконыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасы, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан)

Урманова Д.Э., Ph.D докторы, Геология және мұнай-газ ісі институтының «Гидрогеология, инженерлік және мұнай-газ геологиясы» кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан)

Серикбаева Э.Б., «Пайдалы қазбалар кен орындарын іздеу мен барлаудың геофизикалық әдістері» мамандығы бойынша ғылым магистрі, Ионосфера институты (Алматы қ., Қазақстан)

Турсбеков С.В., т.ғ.к., Satbayev University О.А. Байконыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

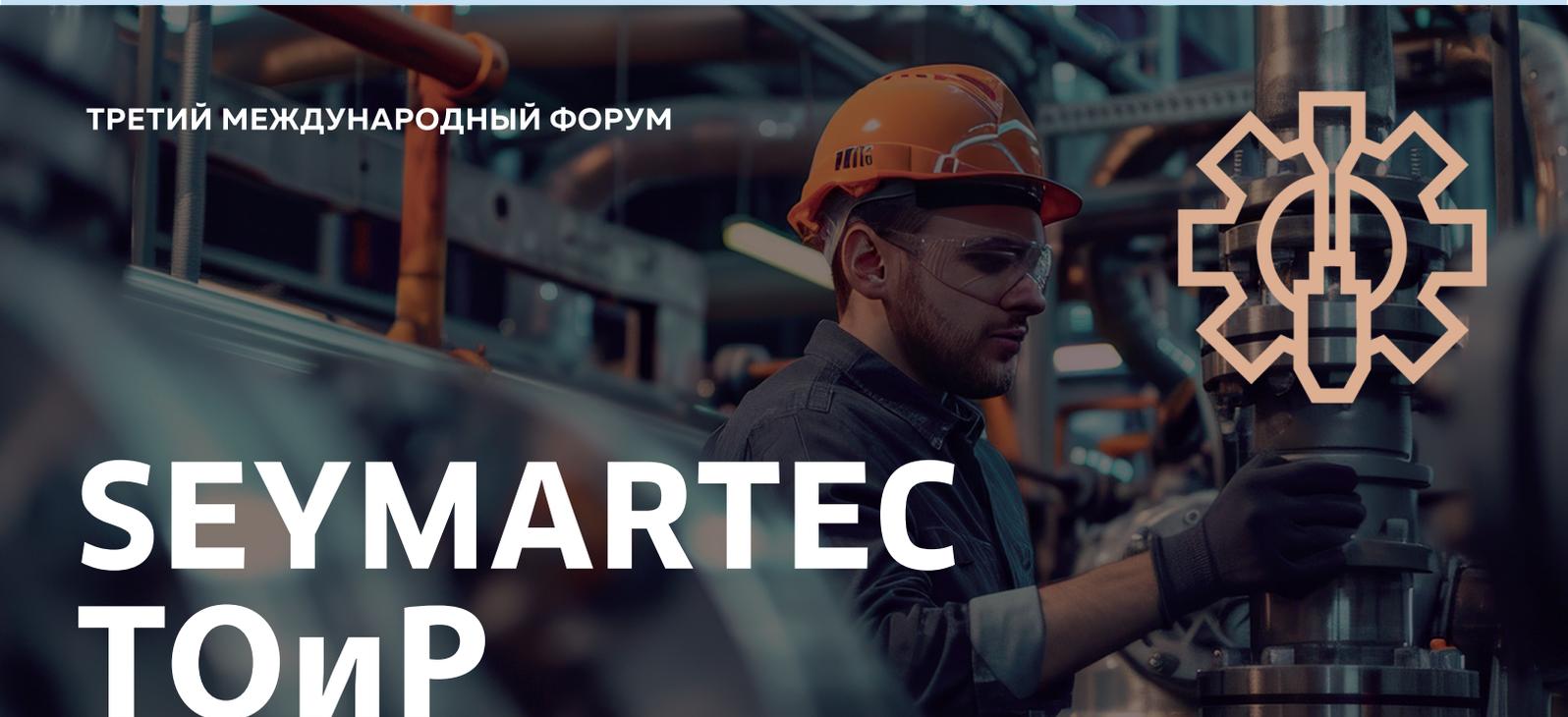
Ilyassova A., Ph.D doctoral student of the Department of Mine Surveying and Geodesy, of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikunurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Urmanova D.E., Ph.D, Senior Lecturer at the Department of Hydrogeology, Engineering and Petroleum Geology, K. Turysov Institute of Geology and Petroleum Engineering (Almaty, Kazakhstan)

Serikbayeva E.B., Master of Engineering Sciences in the specialty «Geophysical methods of prospecting and exploration of mineral deposits», Institute of the Ionosphere (Almaty, Kazakhstan)

Tursbekov S.V., Candidate of Technical Sciences, associate Professor of the Department of Mine Surveying and Geodesy, of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikunurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

ТРЕТИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ



SEYMARTEC ТОИР

ЧЕЛЯБИНСК
ОТЕЛЬ «RADISSON BLU»

16–18
СЕНТЯБРЯ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ТОИР НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЭК,
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО
КОМПЛЕКСА И МАШИНОСТРОЕНИЯ



seymartec.ru



+7 499 638-23-29



info@seymartec.ru