



ВЫЯВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ МИНЕРАЛОВ АУМИНЗАТАУССКИХ ГОР ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОБРАБОТКИ КОСМОСНИМКОВ

Асадов Акмал Рузимуродович

К.г.м.н., доцент

Университета геологических наук

akmal73@gmail.com

Ахмадов Шокир Исломович

начальник отдела

ГУ «Институт минеральных ресурсов»

Аннотация: В статье приведены результаты расчета минеральных индексов по космоснимкам ASTER Ауминзатаусских гор. Железистые минералы идентифицированы на основе комбинаций каналов космоснимка ASTER. Ареолы выделенных групп минералов в большинстве совпадают с минерализованными зонами на различных рудных полезных ископаемых.

Ключевые слова: мультиспектральные снимки, ASTER, минеральные индексы, железосодержащие породы, комбинация каналов, дешифрирование.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы цифровые спутниковые изображения широко используются для решения различных задач геологии, благодаря появлению современных программных средств. Широкий спектр различных методов обработки изображений позволяет получить полезную геологическую информацию, касающуюся геологического картирования, минералогической оценки территорий, прогнозирования и поиска месторождений полезных ископаемых.

Для выделения ореолов распространения различных минералов и горных пород используются методы, основанные на линейных комбинациях каналов изображения. Результаты, получаемые по этим методам, называются индексами. Индексы являются результатом математического комбинирования цифровых значений разных исходных каналов одного изображения. Эти индексы основываются на поглощающих и отражающих свойствах. Они связаны с химическим составом изучаемой поверхности. С геологической точки зрения эти индексы определяют разницу различных типов горных пород [1-6].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для решения поставленных задач использовались космические снимки ASTER, полученные 14 различными диапазонами электромагнитного спектра и разрешения. 4 диапазона с помощью видимого и ближнего инфракрасного (VNIR) с разрешением 15 м., 6 диапазонов с помощью коротковолнового инфракрасного (SWIR) с разрешением 30 м. и 5 каналов с помощью теплового



инфракрасного (TIR) с разрешением 90 м. (рис.1). Ширина полосы захвата для всех сенсоров 60 км.

System	Band	Spectral range (µm)	Spatial resolution	Radiometric resolution
VNIR	1	0.52 - 0.60	15 m	8 bit
	2	0.63 - 0.69		
	3	0.78 - 0.86		
SWIR	4	1.60 - 1.70	30 m	8 bit
	5	2.145 - 2.185		
	6	2.185 - 2.225		
	7	2.235 - 2.285		
	8	2.295 - 2.365		
	9	2.360 - 2.430		
TIR	10	8.125 - 8.825	90 m	12 bit
	11	8.475 - 8.825		
	12	8.925 - 9.275		
	13	10.25 - 10.95		
	14	10.95 - 11.65		

Рис. 1. Спектральные характеристики космоснимка Aster.

Обработка космоснимков проводилась в программных пакетах ENVI 5.3, ArcGis 10.8. В работе использовались различные методики, широко применяемые при обработке данных дистанционного зондирования (ДДЗ) [7-9]. Объектом исследования является Ауминзатаусских гор (рис.2).

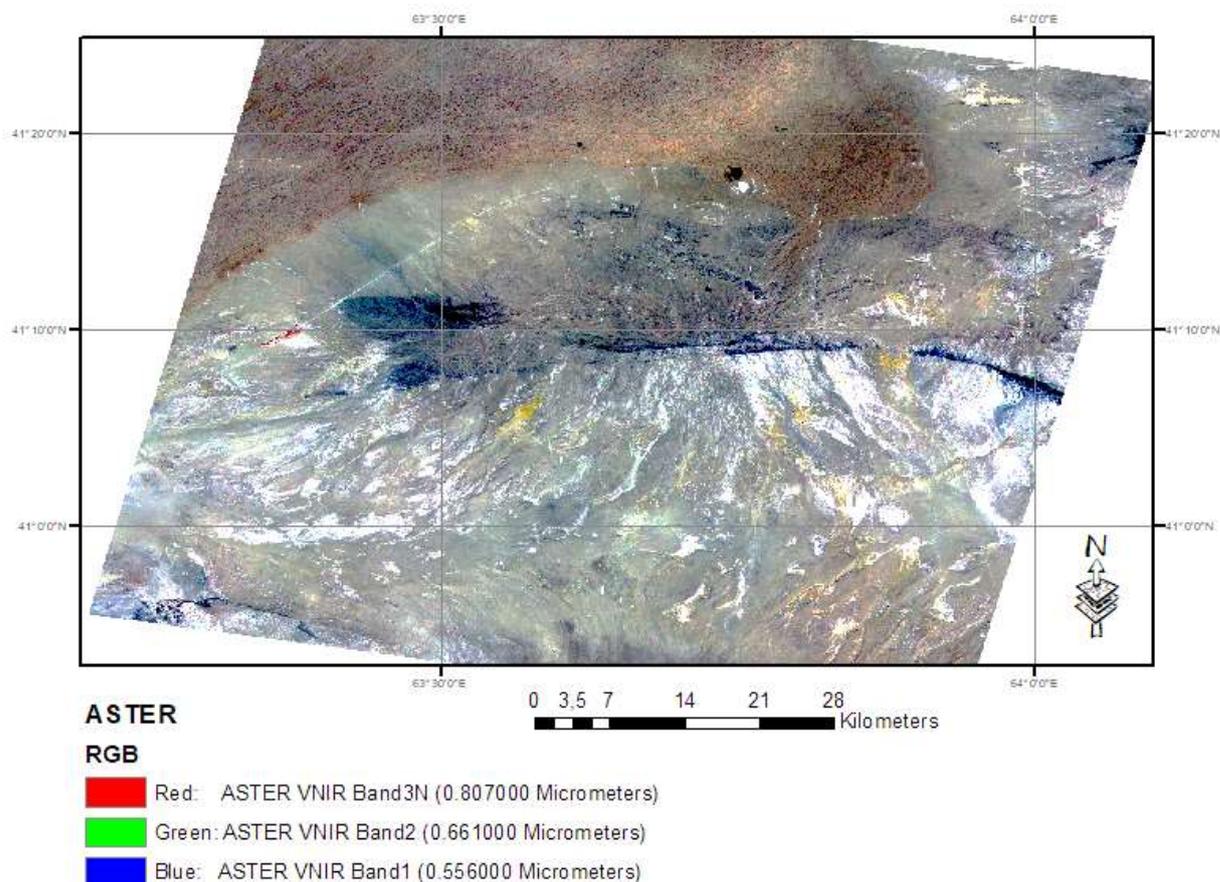


Рис.2. Спектральные характеристики космоснимка Aster.

Разные минералы имеют разные спектральные особенности в инфракрасной тепловой области спектра электромагнитных волн. Эти особенности позволяют идентифицировать, например, такие породообразующие минералы, как силикаты, сульфаты, карбонаты.

Изучение спектральных свойств минералов и горных пород методами дистанционного зондирования основаны на минералогических и петрографических исследованиях. В настоящее время минеральный и литологический состав земной коры известен достаточно хорошо. Более 92% земной коры по массе составляют силикаты – соли кремнистых кислот, поэтому их исследованию и предаётся такое большое внимание. Исходя из наличия технических средств и расположения спектральных линий поглощения основных минералов был сделан вывод, что на сегодняшний день для спектральных методов дистанционного зондирования в геологии наиболее целесообразно использовать мультиспектральные снимки ASTER [3-4, 10-12].

Построение индексных изображений давно используется в цифровой обработке данных дистанционного зондирования Земли. Для его получения значения яркости каждого пикселя вычисляют путем применения арифметических операций над значениями яркости этого пикселя из разных каналов. Так, существует более двух сотен вегетационных индексов. В геологии, также разработаны более 40 таких методов, называемые геологические



индексы (минеральные индексы) для различных данных дистанционного зондирования. Из них 7 являются индексами железистых минералов (рис. 3) [3, 4, 10-15].

Feature	Band or Ratio	Comments	Reference
Iron			
Ferric iron, Fe ³⁺	2/1		Rowan
Ferrous iron, Fe ²⁺	5/3 + 1/2		Rowan
Laterite	4/5		Bierwith
Gossan	4/2		Volesky
Ferrous Silicates (biot, chl, amph)	5/4	Fe oxide Cu-Au alteration	CSIRO
Ferric Oxides	4/3	Can be ambiguous*	CSIRO

Рис. 3. Индексы железистых минералов для космоснимка Aster

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Спектры горных пород отличаются большим разнообразием и определяются минеральным составом, типом кристаллической решетки минералов, размером зерен минералов. Особенно в инфракрасном (ближнем и тепловом) диапазоне спектра минералы сильно различаются друг от друга.

На рисунке 4 приведены результаты картирования окислов и гидроокислов железа. Лучшие результаты для картографирования и дифференциации минералов-индикаторов были получены с помощью деления каналов 1, 2, 3, 4 и 5, так как, эти каналы сильнее отражают электромагнитные излучения от железистых минералов по сравнению с другими каналами.

Методика обработки минеральных индексов позволяют идентификации площадей проявления различных типов горных пород и минералов, а также картировать их аномально измененные участки, являющиеся индикатором геологических обстановок, перспективных на выявление месторождений полезных ископаемых.

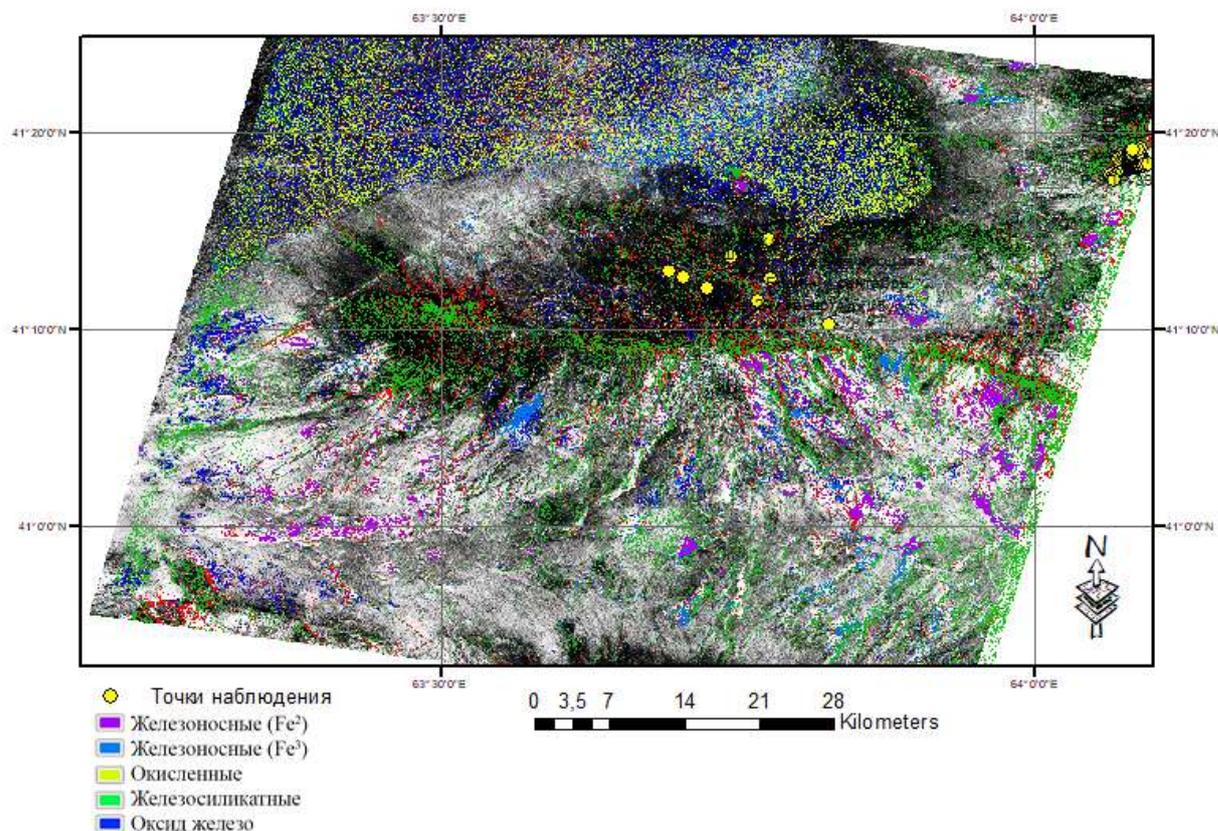


Рисунок 4. Карта железистых минералов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мультиспектральные изображения ASTER могут использоваться эффективно для обнаружения и картографирования железистых минералов. Эти минералы были обнаружены в горных породах, а также в открытых частях исследуемой территории. Результаты минеральных индексов предоставили точную спектральную информацию о минералах индикаторов полезных ископаемых и литологическую картографию, показывая при этом пространственное распределение этих материалов. Кроме того, полученные карты различных минералов дали отличные пространственную согласованность и сильную корреляцию с геологическими картами исследуемой территории.

Результаты, полученные в данной работе, могут быть использованы для создания и обновления карты распределения минералов с целью прогнозирования новых участков скопления минерального сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Asadov A.R. Methodology of obtaining and estimation of temperature image of the Bukantau mountains // ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal. <https://saarj.com> Vol. 10, Issue 12, December 2020. P.814-821.



2. Asadov A.R. Lineament analysis of the DEM in Auminzatau mountains using the LESSA program // ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal. <https://saarj.com> Vol. 11, Issue 2, February 2021.
3. A.R. Asadov, SH.I. Akhmadov, A.B. Goipov, Z.M. Musakhonov, A.R. Almordonov. Creation of a spectral library of rocks and minerals of the Bukantau mountains (Central Kyzilkum). DOI 10.5281/zenodo.7271174. The Seybold Report Journal (TSRJ). 17 (№10(2022).), P.1856-1864.
4. Asadov A.R. Methodology of obtaining and estimation of temperature image of the Bukantau mountains // ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal. <https://saarj.com> Vol. 10, Issue 12, December 2020. P.814-821.
5. Asadov A.R. Lineament analysis of the DEM in Auminzatau mountains using the LESSA program // ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal. <https://saarj.com> Vol. 11, Issue 2, February 2021.
6. A.R. Asadov, SH.I. Akhmadov, A.B. Goipov, Z.M. Musakhonov, A.R. Almordonov. Creation of a spectral library of rocks and minerals of the Bukantau mountains (Central Kyzilkum). DOI 10.5281/zenodo.7271174. The Seybold Report Journal (TSRJ). 17 (№10(2022).), P.1856-1864.
7. Асадов А.Р. Автоматизированный линеаментный анализ радарных снимков с применением программа LESSA (на примере Букантаусских гор) // SO'NGI ILMiy TADQIQOTLAR NAZARIYASI. 6-JILD 12-SON. 2023. С. 248-254.
8. Асадов А.Р., Халилов А.А., Ахмадов Ш.И., Использование искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа геологических данных // Journal of Advanced Research and Stability. Volume: 03 Issue: 11. 2023. С. 258-264.
9. Кирсанов А. А. Новый метод выявления окolorудных гидротермально измененных пород по космическим гиперспектральным данным на примере Ломамского потенциально золоторудного района, Республика Саха (Якутия) // Региональная геология и металлогения. – 2021. – № 86. – С. 97–106. DOI: 10.52349/0869-7892_2021_86_97-106
10. Kanlinowski, A. and Oliver, S. (2004) ASTER Mineral Index Processing, Remote Sensing Application, Geo-Science Australia, Internal Report, 39 p. http://www.ga.gov.au/image_cache/GA7833.pdf
11. 3. Zhang, Y. and Yao, F. (2015) Interpreting the Shortwave Infrared & Thermal Infrared Regions of Remote Sensed Electromagnetic Spectrum with Application for Mineral-Deposits Exploration. Journal of Applied Mathematics and Physics, 3, 254-261. doi: [10.4236/jamp.2015.32037](https://doi.org/10.4236/jamp.2015.32037).
12. F. Feizi and E. Mansuri, "Separation of Alteration Zones on ASTER Data and Integration with Drainage Geochemical Maps in Soltanieh, Northern Iran," Open Journal of Geology, Vol. 3 No. 2, 2013, pp. 134-142. doi: [10.4236/ojg.2013.32017](https://doi.org/10.4236/ojg.2013.32017).
13. Henrich, V. (2012) IDB - Index-Database; Development of a database for remote sensing indices. ZFL-Colloquium, Bonn, 21. 06. 2012.



14. X. Jin, S. Paswaters, and H. Cline, "A comparative study of target detection algorithms for hyperspectral imagery," In Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XV. Proceedings of SPIE, Vol. 7334, pp. 73341W1-73341W12.

15. C.-I Chang, J.-M. Liu, B.-C. Chieu, C.-M. Wang, C. S. Lo, P.-C. Chung, H. Ren, C.-W. Yang, and D.-J. Ma, "A generalized constrained energy minimization approach to subpixel target detection for multispectral imagery," Optical Engineering, vol. 39, no. 5, pp. 1275-1281, May 2000. (CEM)