

ВЫДЕЛЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ ЗОН УРАНОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

А. Р. Асадов

А. А. Халилов

Университет геологических наук

АННОТАЦИЯ

В статье приведена методика выделения аномальных зон урановой минерализации на основе обработки и анализа космоснимков. Методами минеральных индексов и РСА выделены глинистые минералы, индикаторы урановой минерализации. Анализированы цифровые модели рельефа, проведены линеаментные анализы для получения структурной информации. На основе комплексного анализа результатов космогеологических исследований с геолого-геофизическими материалами составлена карта перспективных площадей урановой минерализации.

Ключевые слово: космоснимки Landsat, Aster, обработка, линеаментный анализ, плотность линеаментов, метод РСА, минеральный индекс, дешифрирование, аномальные зоны, перспективный площадь.

ABSTRACT

The article presents a technique for identifying anomalous zones of uranium mineralization based on the processing and analysis of satellite images. Clay minerals, indicators of uranium mineralization, were identified by the methods of mineral indices and X-ray diffraction analysis. Digital relief models are analyzed, lineament analyzes are carried out to obtain structural information. Based on a comprehensive analysis of the results of cosmogeological studies with geological and geophysical materials, a map of promising areas of uranium mineralization was compiled.

Keywords: Landsat and Aster satellite images, image processing, lineament analysis, lineament density, PCA method, mineral index, decryption, anomalous zones, perspective area.

ВВЕДЕНИЕ

Урановое сырье занимает важное место в структуре минерально-сырьевых ресурсов Узбекистана. По запасам и

добыче урана Республика входит в первую десятку стран мира. Выявленные и перспективные запасы урана сосредоточены в Центрально-Кызылкумской урановорудной провинции.

Современная урановая промышленность Узбекистана ориентирована, главным образом, на экзогенные пластовые инфильтрационные стратиформные месторождения, которые относятся к «песчаниковому» (учкудукскому) промышленно-генетическому типу. Известно более 25 таких месторождений, 10 из которых относятся к категории крупных (Учкудук, Сугралы, Северный и Южный Канимех, Кетменчи и др.). Сосредоточены они в основном в Кызылкумах и менее в Самаркандской области.

Все урановые месторождения, выявленные в Зиаэтдин-Зирабулакской ураноносной провинции, относятся экзогенные серии, «песчаникового» типа, локализуемых в проницаемых песчаных горизонтах в основном мелового и палеогенового возрастов на окислительно-восстановительных барьерах зон пластового окисления. Рудные залежи в разрезе имеют форму простых и сложных роллов, а в плане - протяженных, сильно извилистых лент, ширина которых достигает многих сотен метров, а длина - нескольких десятков километров. Возраст оруденения от 10 млн. лет до современного. Кроме урана, в рудах отдельных месторождений содержатся в промышленных количествах селен, ванадий, молибден, рений, скандий, лантаноиды [4].

Зиаэтдин-Зирабулакский рудный район расположен на юго-востоке провинции, занимая площадь одноименных горных сооружений и их предгорий. Общая площадь рудного района равна 9,4 тыс. кв.км. На территории располагаются месторождения Сабырсай, Кетменчи, Шарк, Северный Майзак, Агрон, Тутлы, Нагорное. Эксплуатационные работы в районе осуществляет Южное рудоуправление Навоийского ГМК, которое базируется в городе Нурабаде.

Методы дистанционного зондирования представляют собой косвенные методы разведки урановых месторождений и используются для получения геологической и тектонической информации в региональном масштабе. В качестве таковых они применяются во время предварительной разведки на стадии выбора конкретных районов [1-5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В мировой практике не существует определенной методики поиска глубинных урановых залежей по материалам дистанционного зондирования Земли. Все

исследования, направленные на выявление урановой минерализации связаны с интрузивными (магматическими) породами, выходящими на дневную поверхность [6,7]. Наши исследования в некотором смысле являются новой методикой для поиска глубинных зон урановых минерализаций песчаного типа.

Методика выделения аномальных зон урановой минерализации по материалам ДЗЗ приведена на рисунке 1. Для первоначального анализа использовались общедоступные мультиспектральные космические снимки LANDSAT, ASTER и радиолокационные снимки ASTER DEM. На первом этапе каждый космоснимок исследуемой площади прошел предварительную обработку включающий в себя радиометрическую, геометрическую и атмосферную коррекцию. На основе анализа радиолокационные снимки получены в цифровом модели рельефа исследуемой территории, карты склонов и карты гидросети, которые показывают склоны гор их ориентации, гидросети постоянного и временного водотока. Эти данные в дальнейшем будут использованы для структурного изучения исследуемой территории.

Учитывая, что рудовмещающими породами исследуемой территории являются песчаные, в основном глинистого состава прибрежно-морские и русловые гравийно-песчаные фации, цифровая обработка космоснимков Landsat и Aster начаты с комбинации каналов космоснимки в системе RGB для выявления аномального изменения этих пород в различных цветных комбинациях космоснимков. Комбинация каналов космоснимка Landsat RGB-742 и RGB-752 позволили выделить различные глинистые породы, которые окрашены ярко-розовым цветом с зелеными оттенками.

Результаты обработки методов Анализа главных компонент (PCA) приведены на рисунке 2. Комбинация рассчитанных компонент в RGB позволили выявить аномальные признаки, которые связаны с урановой минерализацией.

Одним из методов спектрального анализа является расчёт минералогических (геологических) индексов. Индексы позволяют определить возможное распределение ключевых минеральных групп [8]. Для разработки геологического индекса требуется учитывать зоны поглощения исследуемой группы минералов. Соотношение каналов Landsat 8 6/7 отображает изменение глины, поскольку глинистые минералы, такие как глауконит, каолинит, монтмориллонит, иллит и алунит, имеют максимумы отражения в полосе 6 и минимумы отражения в полосе 7. В результате получены вероятные ореолы распространения глинистых пород (рис.3).

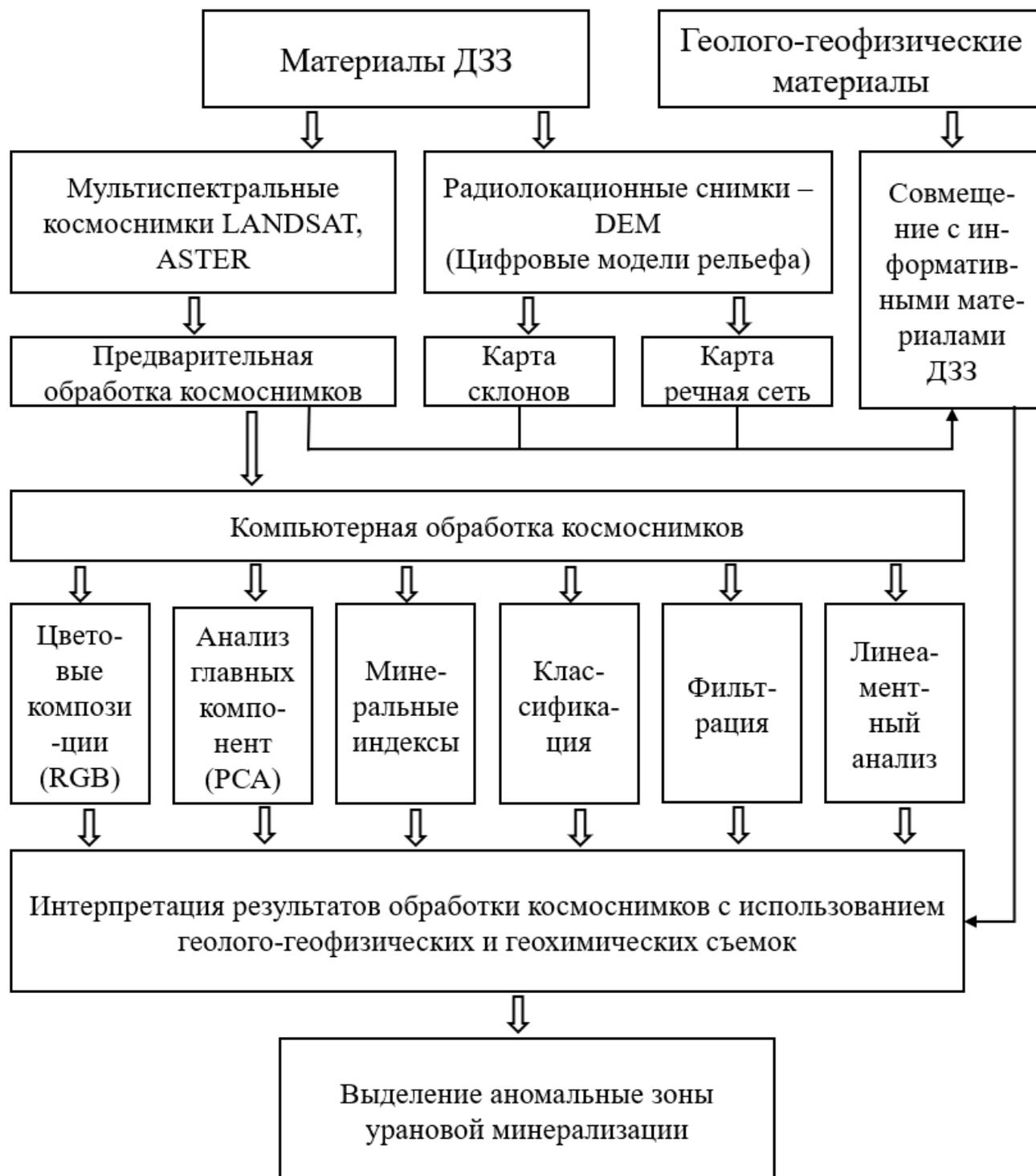


Рис. 1. Методика выделения аномальных зон урановой минерализации по материалам ДЗЗ.

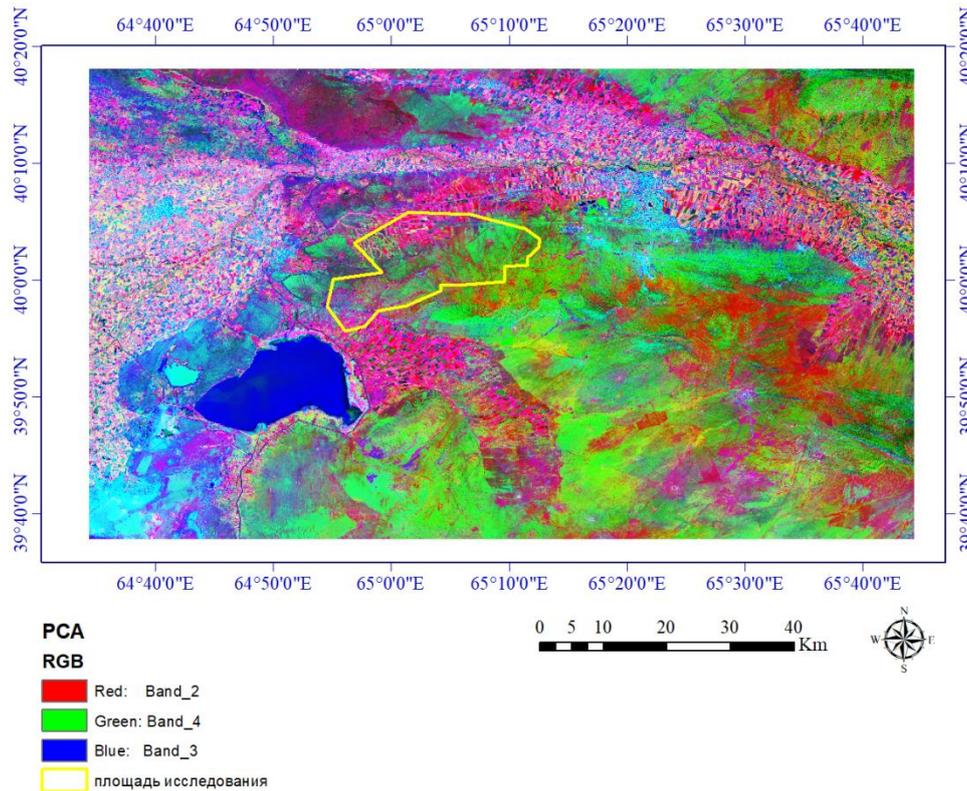


Рис. 2. Результат обработки методом PCA. RGB-2,4,3

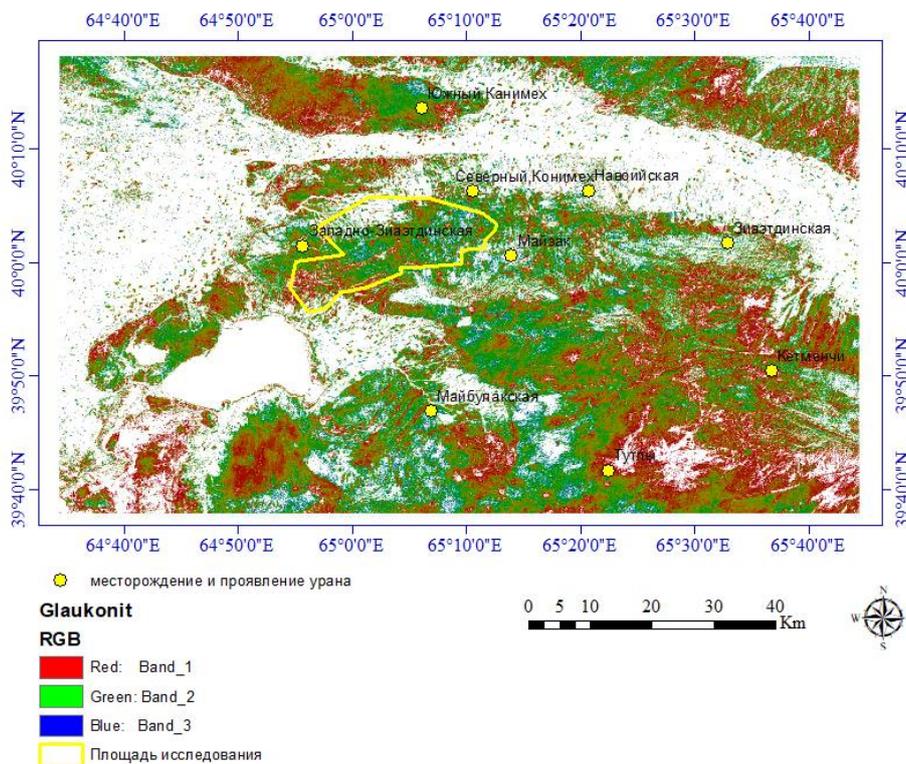


Рис. 3. Ореолы распространения глауконита

Методы классификации позволили выявить ранее неизвестные зоны изменений на изучаемой территории.

Измеренные значения коэффициента отражения (DN) девяти спектров мультиспектральных каналов Landsat 8 для всех открытых типов горных пород на территории исследования использовались для различения различных горных пород.

Методы фильтрации позволяют выделить контуры линейных элементов на изображении по одному или несколько выбранному направлению. Для выделения линейных и концентрических структур исследуемой территории использованы результаты обработки методов, разработанных зарубежными специалистами, а также нами на основе коэффициента индексации, такие как «Индекс-IV», «Кирша», «Собеля». Линейные структуры (а также концентрические и дугообразные) на материалах, полученных вышеперечисленными методами и другими фильтрами отражаются в виде выпрямленных, дугообразных и зигзагообразных штрихов темной, белой тональностей и сплошных линий различной протяженности, расположенных в закрытых территориях (предгорные равнины) изучаемого района. Их контуры прослеживаются в виде черных и светлых линий по всему периметру снимка. По этим дешифровочным признакам откартированы не только известные разломы и их прослеживания на закрытых территориях, но и выявлены новые разломы, не фиксированные традиционными методами геологических исследований (рис. 4).

В следующем этапе произведена автоматизация выделения линеаментов по космоснимкам ASTER исследуемой территории в программе PCI Geomatica. Линеаменты представляют собой выходы на земную поверхность разрывных нарушений и их прямых картировочных признаков: собственно, разломов и трещин, трещиноватых, рассланцеванных, кливажированных горных пород, даек и жил и т.п., трассирующихся линеаменами. Геоморфологические признаки линеаментов – следы дизъюнктивных дислокаций земной коры на ее поверхности, представлены пространственно упорядоченными линейно ориентированными формами рельефа. Преимущественно это отрицательные формы рельефа – рифтовые континентальные и океанические впадины, эрозионно-структурные депрессии или их элементы, речные долины или их отрезки, каньоны, ложбины и овраги. К положительным формам рельефа, напрямую или косвенно, отражающим линейную ориентировку тектонических структур, относятся срединно-океанические хребты, сводово-глыбовые и ступенчатые поднятия, вытянутые в одном-двух направлениях цепочки вулканических островов, возвышенностей вулканического происхождения и гор-

лакколитов, горные хребты и водоразделы, линейно ориентированные скальные останцы, уступы и т.п.

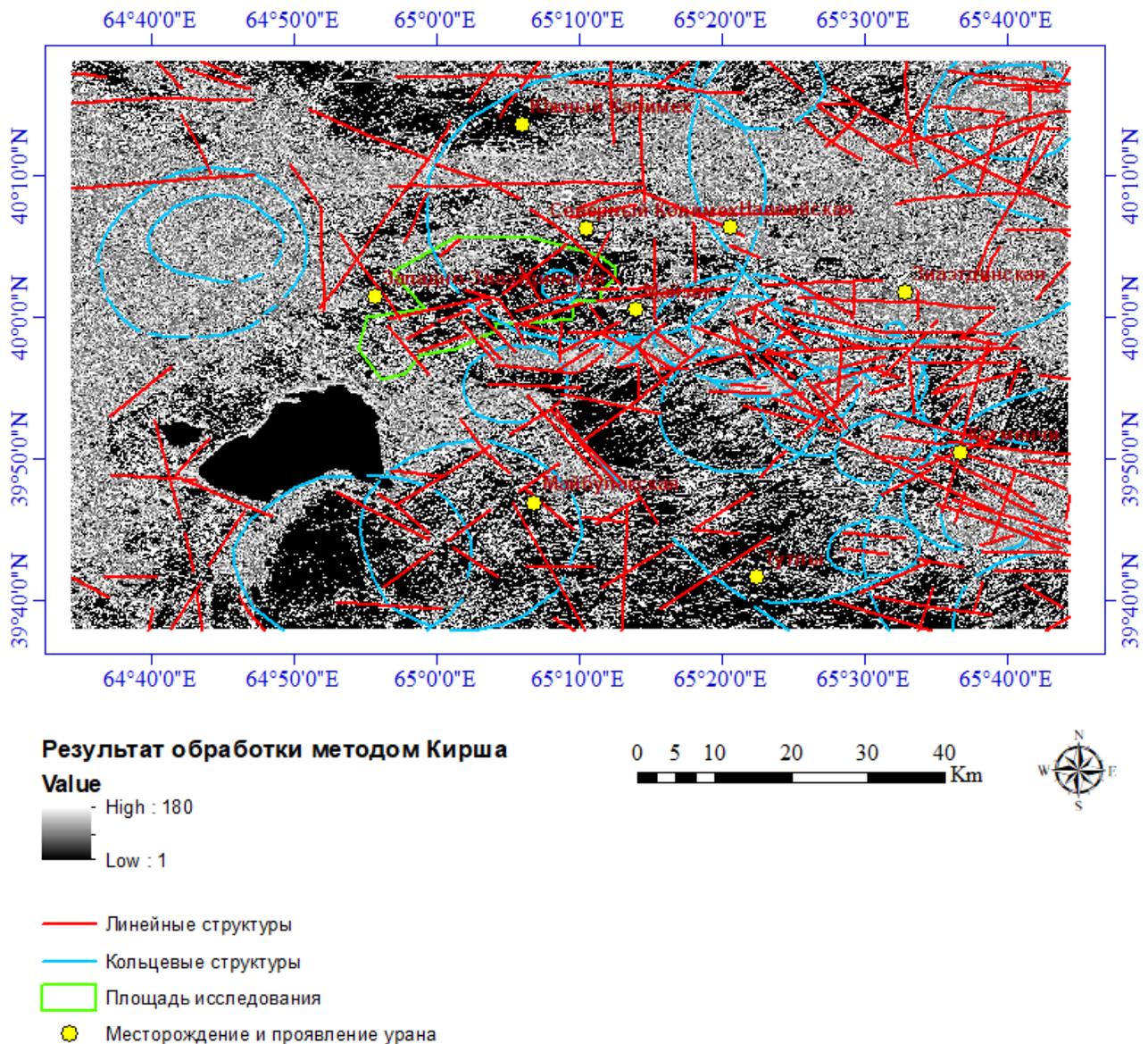


Рис. 4. Схема дешифрирования по результатам фильтрации

В результате получена векторная карта, отражающая разломы и трещины, границы измененных пород по фототону, а также прямолинейные фрагменты различных форм рельефа и гидрографии (рис.5).

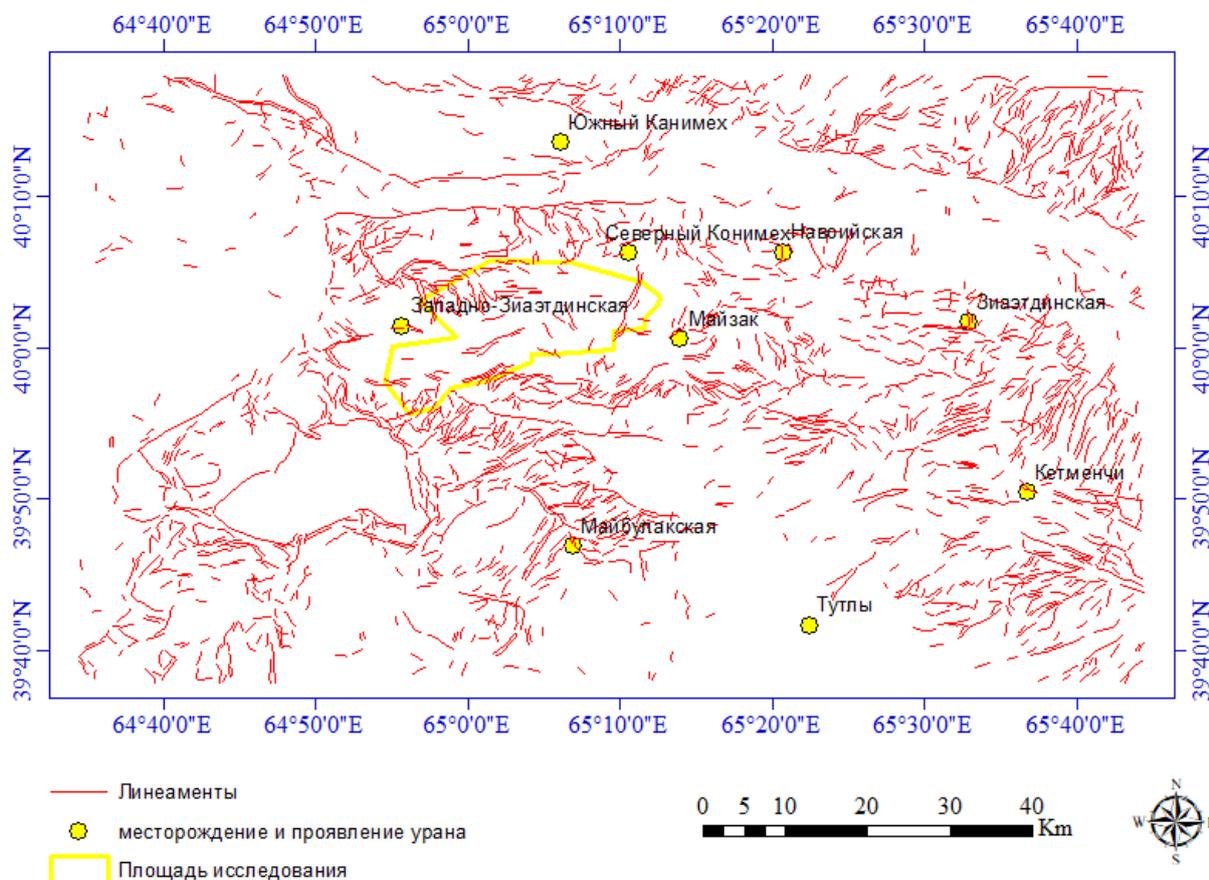


Рис. 5. Карта линеаментов, полученная методом линеаментного анализа

На основе статистического анализа карты линеаментов получена карта плотности линеаментов и роза диаграмма ориентаций линеаментов. Из рисунка 6 видно, что на северной, северо-западной и юго-западной части исследуемой территории плотность линеаментов выше, чем центральной, что означает центральная часть территории является впадиной, соответствующей эрозионно-структурные депрессии или речные долины.

Роза диаграмма линеаментов показывает ориентации выделенных линеаментов от 0 до 360 градусов. На рисунке 7 приведены линеаменты выделенные в исследуемой площади, которые в основном имеют субширотное направление (90-100 градусов). Ориентации линеаментов в большинстве совпадают с геолого-структурными элементами геологической карты региона и полевых наблюдений.

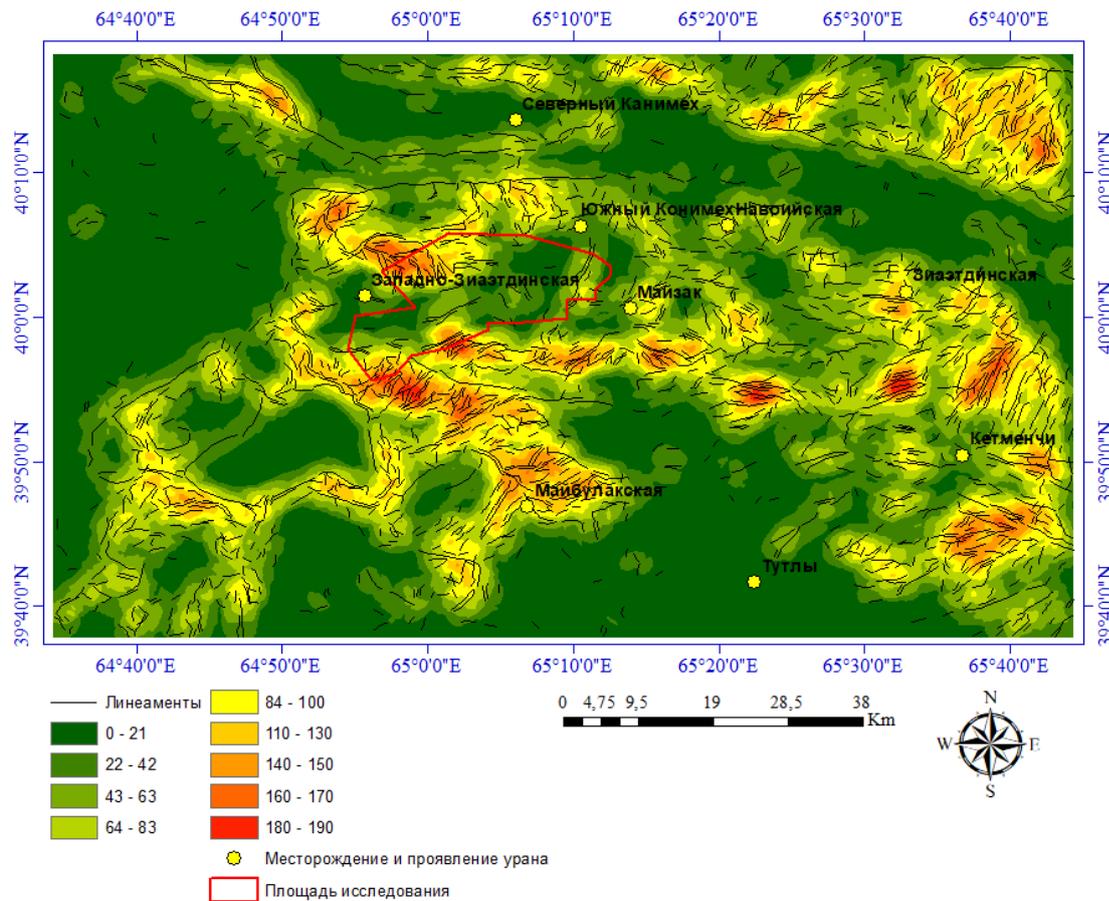


Рис. 6. Карта плотности линеаментов

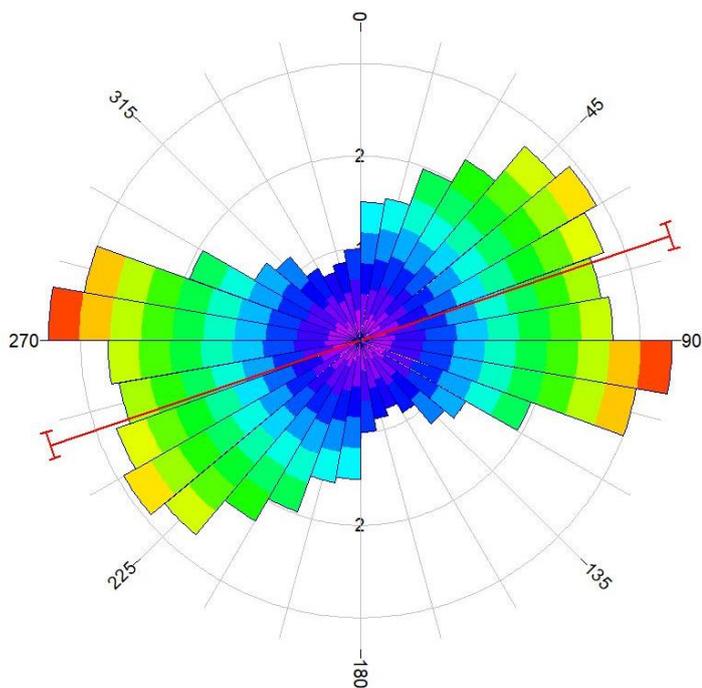


Рис. 7. Роза-диаграмма ориентации линеаментов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам линеamentного анализа, анализ цифровой модели рельефа, расчет геологических (минеральных) индексов, включающих породы глинистого, карбонатного и кварцевого состава выделены участки аномальных зон урановой минерализации (рис. 8).

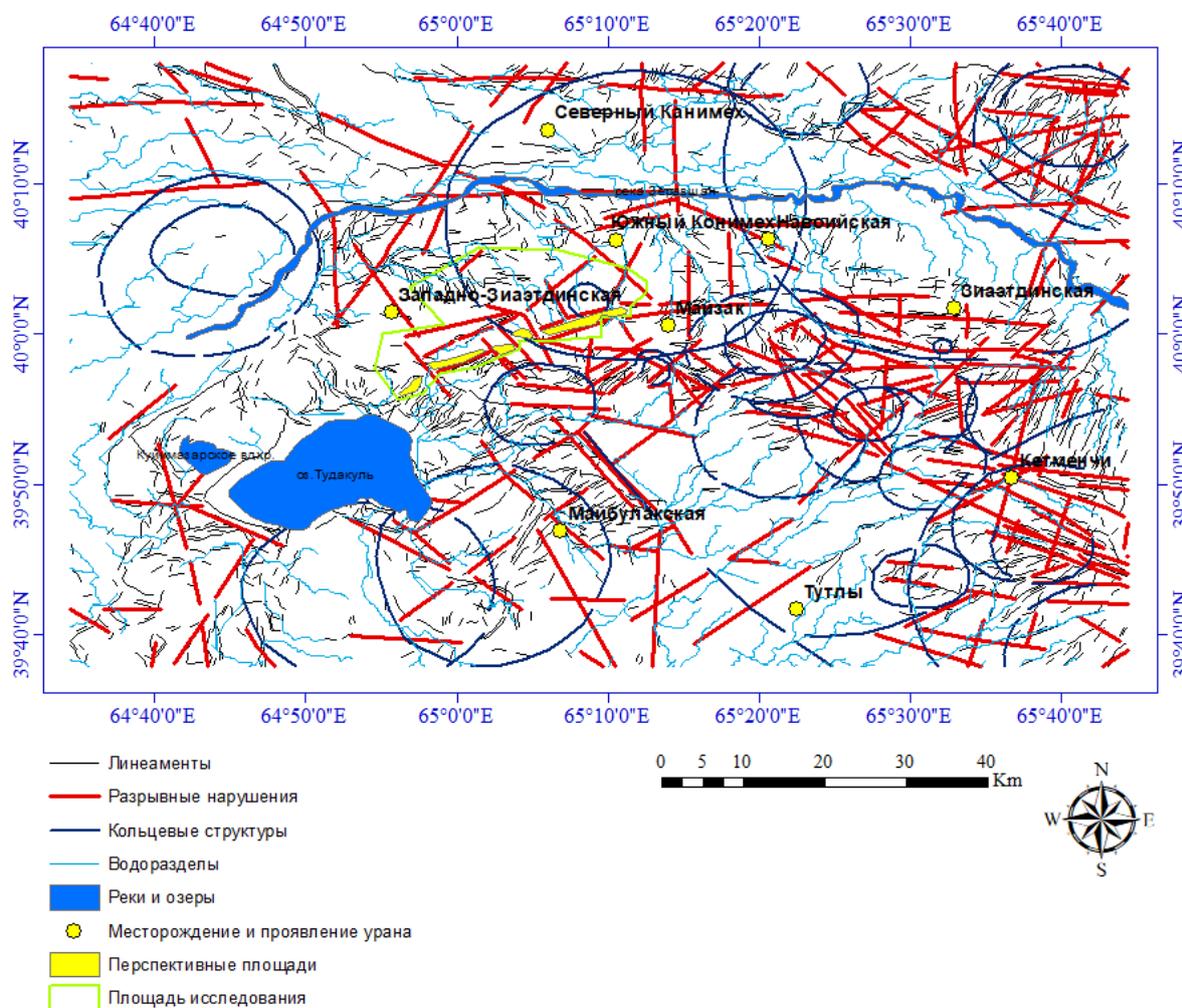


Рис. 51. Перспективные площади, выделенные по результатам космогеологической исследования

Перспективность урановой минерализации, выделенных нами участки аномальных зон обосновываются зонами выклинивания пластового окисления индикаторами на поверхность которых являются результаты вышеперечисленных методов обработки космоснимков.

Для подтверждения полученных данных необходимо апробировать новую методику на основе гиперспектральных снимков, которые были недоступны в данном периоде работы. С другой стороны, комплексирование полученных результатов с

материалами буровых, геохимических и радиометрических исследований позволяет оценить результативность новой методики поиска зон урановых минерализаций.

REFERENCES

1. Роберт А. Шовенгердт. Дистанционное зондирование. Методы и модели обработки изображений. М.: Техносфера. 2010. – 560 с.
2. Эргашев Ш.Э., Асадов А.Р. Методическое пособие по использованию материалов дистанционных съёмок. Ташкент: ИМР. 2001. – 202 с.
3. Кирсанов А. А. Новый метод выявления окolorудных гидротермально измененных пород по космическим гиперспектральным данным на примере Ломамского потенциально золоторудного района, Республика Саха (Якутия) / А. А. Кирсанов, М. Ю. Смирнов, К. Л. Липияйнен, Г. А. Кирсанов // Региональная геология и металлогения. – 2021. – № 86. – С. 97–106. DOI: 10.52349/0869-7892_2021_86_97-106
4. Туресебеков А.Х. и др. Перспективные особенности добычи рения и осмия из золото-урановых руд и горючих сланцев Кызылкумов // Горный вестник Узбекистана, 1, № 28. С. 31-34.
5. Pirnazarov M.M., Asadov A.R. COSMOSTRUCTURAL – GEOCHEMICAL METHOD FOR FORECASTING GOLD-RARE-METAL MINERIZATION IN MOUNTAIN REGIONS OF UZBEKISTAN. AJMR: Asian Journal of Multidimensional Research. Vol 10, Issue 3, March, 2021. P. 179-186. DOI: 10.5958/2278-4853.2021.00113.0
6. 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
7. 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).
8. ECOsystem Spaceborne Thermal Radiometer Experiment on Space Station (ECOSTRESS) URL: <https://ecostress.jpl.nasa.gov>.