

**АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ
ЭЛЬКОНСКОГО УРАНОВОРУДНОГО РАЙОНА (АЛДАНО-СТАНОВОЙ ШИТ)**

М.В. Горошко, Г.З. Гильманова, О.В. Рыбас

*ФГБУН Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, ул. Ким Ю Чена 65, г. Хабаровск,
680000; e-mail: gigulya@yandex.ru*

Поступила в редакцию 19 сентября 2014 г.

В статье рассмотрены результаты применения данных космической радарной съемки в целях выделения и уточнения внутреннего строения рудных районов на активизированных в мезозое щитах древних платформ. С этой целью была проведена специализированная обработка цифровых моделей рельефа по данным космической радарной съемки и выполнен расчет линеаментов и других статистических характеристик по программе (WinLessa) в Эльконском урановорудном районе Алдано-Станового щита. Применение изложенной методики обработки цифровых моделей рельефа в данном районе позволило выявить новые особенности Эльконского рудного района по всем проанализированным параметрам и оценить его перспективы на открытие новых урановых месторождений.

Ключевые слова: урановые месторождения, цифровые модели рельефа, Эльконский урановорудный район, Алдано-Становой щит.

ВВЕДЕНИЕ

Уникальный по запасам урановых руд Эльконский урановорудный район площадью около 1200 км² расположен на территории Республики Саха (Якутия) на Алдано-Становом щите Сибирской платформы [3]. Он был открыт в 1962 г. Октябрьской (с 1963 г. Приленской) экспедицией 1-го Главного геологоразведочного управления Мингео СССР и изучался в период от 1962 по 1983 гг. Район покрыт геологической съемкой, аэро- и наземными поисками м-ба 1:50 000. Выявленные рудные зоны изучались горными и буровыми работами оценочного характера. На отдельных рудных зонах проводились детальные геологоразведочные работы.

Задачей наших исследований было установление эффективности применения дистанционного зондирования Земли радарной съемкой для выделения и уточнения границ рудного района и некоторых особенностей его внутреннего строения. В данной работе излагаются результаты применения в Эльконском районе трансформированных цифровых моделей рельефа по данным космической радарной съемки, а также программы автоматического поиска линеаментов.

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И УРАНОНОСНОСТЬ
РАЙОНА**

Алдано-Становой щит сложен, в основном, гранулитовыми, амфиболитовыми и, в меньшей степени, зеленосланцевыми метаморфическими комплексами архейского возраста. Традиционно, к наиболее древним раннеархейским образованиям относятся комплексы гранулитовой и амфиболитовой фаций регионального метаморфизма, к позднеархейским – менее измененные комплексы амфиболитовой фации, к палеопротерозойским – породы зеленокаменной фации. Но современные изотопно-геохронологические данные показывают, что гранулитовый метаморфизм преимущественно имел место в палеопротерозойское время, а относительно слабометаморфизованные гранит-зеленокаменные образования имеют позднеархейский возраст [1]

Алдано-Становой щит разделяется на три области: Алданскую гранулит-гнейсовую, Становую и Олекминскую гранит-зеленокаменные. Алданская область представляет собой мозаику блоков, разделенных позднеархейско-раннепротерозойскими глубинными разломами.

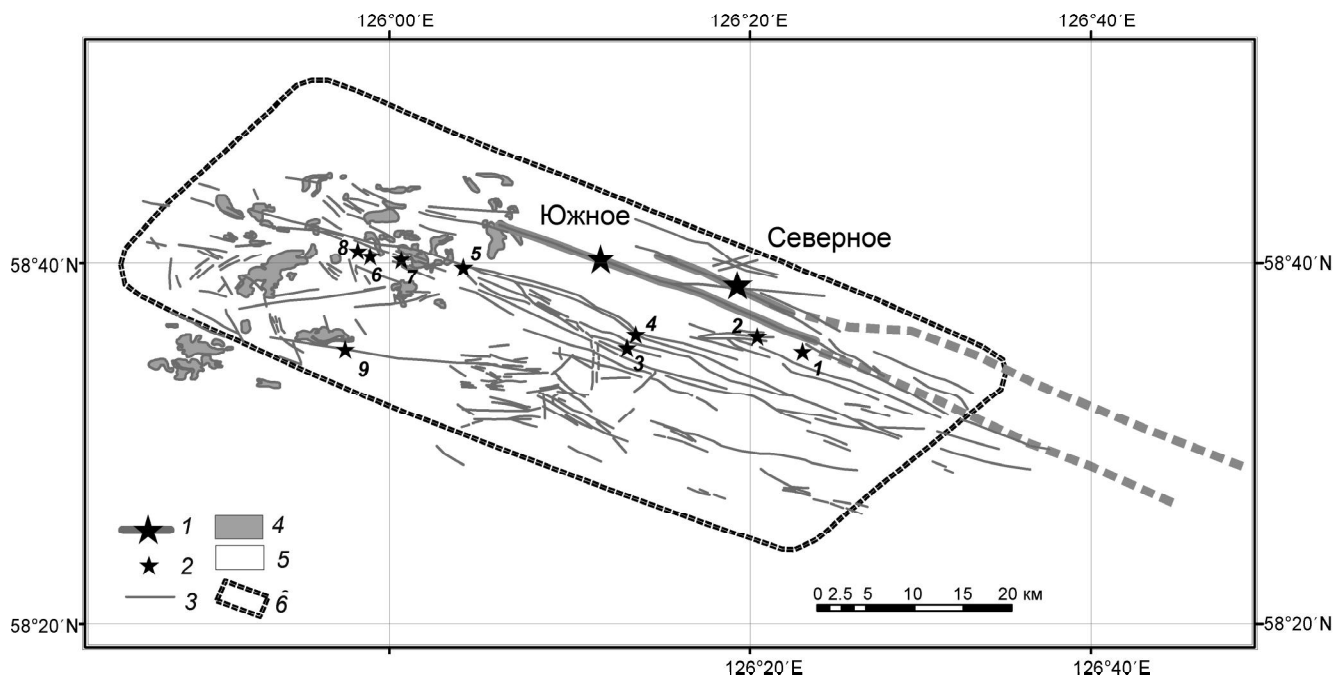


Рис. 1. Схематическая структурная карта Эльконского урановорудного района.

1 – крупные разведанные месторождения; 2 – предварительно оцененные месторождения: 1 – Весеннее, 2 – Центральное, 3 – Агдинское, 4 – Сох-Солоохское, 5 – Надеждинское, 6 – Володино, 7 – Интересное, 8 – Забытое, 9 – Федоровское; 3 – рудоносные зоны; 4 – мезозойские интрузии; 5 – архейский метаморфический комплекс; 6 – границы Эльконского рудного района.

Эльконский урановорудный район (рис. 1) расположен в Эльконском горсте Центрального блока Алданской гранулит-гнейсовой области и приурочен к активизированной в мезозое северной части блока вблизи погружения последнего под чехол Сибирской платформы. В строении района участвуют породы архейского кристаллического фундамента, эдиакарий-кембрийского плитного комплекса и мезозойского тектоно-магматического цикла.

Архейские образования представлены глубоко метаморфизованными и сложно дислоцированными кристаллическими сланцами, гнейсами и гранитоидами. Породы платформенного чехла сложены эдиакарий-кембрийскими горизонтально залегающими терригенно-карбонатными породами, сохранившимися, в основном, по периферии района в виде останцов на размытой поверхности докембрийских пород.

Все выше перечисленные образования прорваны щелочными и щелочноземельными гранитоидными интрузиями с возрастом 188–108 млн лет, развитыми преимущественно в западной части района.

Урановое оруденение с возрастом 165–125 млн лет [3] связано с мезозойским магматическим комплексом и локализуется в разрывных тектонических нарушениях, развивающихся, преимущественно, по

древним зонам бластомилонитов, бластокатаклизитов и других тектонитов.

Околорудные изменения представлены пирит-карбонат-калишпатовыми метасоматитами (эльконитами). Преобладающим рудным минералом является браннерит, реже встречаются коффинит, уранинит и настуран. Из других рудных минералов присутствуют самородное золото, сульфосоли серебра, пирит, молибденит, анкерит, кальцит, адуляр и др.

На сравнительно небольшой (до 1200 км²) площади рудного района выявлено около 400 крутопадающих ураноносных зон общей протяженностью более 1000 км. Протяженность отдельных зон с выявленной урановой минерализацией колеблется от сотен метров до 20 км и более. Вертикальный размах оруденения не установлен, так как на наиболее протяженных рудоносных структурах двухкилометровые скважины признаков выклинивания рудных тел не обнаружили. Оруденение, несмотря на его жильный характер, отличается большой выдержанностью: на детально разведанной Южной зоне протяженностью более 20 км коэффициент рудоносности рудных тел практически равен 1.

Два крупных месторождения этой зоны: Южное, в итоге объединившее в одну рудоносную структуру месторождения Эльконское, Эльконское плато, Ку-

рунг, Непроходимое, Дружное и Минеевское, и Северное. 14 месторождений предварительно оценены горно-буровыми работами, подавляющее большинство рудоносных структур бурением не изучалось.

Характерной особенностью Эльконского урановорудного района является его слабая эродированность. Так, на месторождении Южном кондиционные руды появляются только на глубинах 100–300 м от дневной поверхности, а максимальные содержания урана приурочены к глубоким горизонтам. Петрографический состав околорудных метасоматитов на нижних горизонтах сохраняется.

МЕТОДИКА РАБОТ

На северную часть Центрально-Алданского блока Алдано-Станового щита, на котором расположен Эльконский урановорудный район, была применена описанная ранее [2, 4, 5] оригинальная, разработанная в ИТиГ ДВО РАН методика обработки цифровых моделей рельефа (SRTM03).

В основе методики обработки изображений – применение теории масштабного пространства [4, 5]. В результате обработки получается серия изображений, которые являются компонентами масштабных представлений при расчете различных операторов. Так, выделение линейных и куполообразных структур посредством операций вычисления модуля первой производной по координате (модуля градиента рельефа) характеризует состояние поверхности по крутизне, а второй производной по координате на поверхности (лапласиана поверхности Гаусса) идентифицирует объекты куполообразной формы. Оба оператора позволяют также выделять текстурные особенности изображения. Кроме того, полученные изображения можно синтезировать в единое мультимасштабное представление. Необходимость использования такого представления определяется тем, что для объектов реального мира не существует такого универсального масштаба, когда можно было бы выделить все элементы структуры в течение единственной серии преобразований. В нашей работе мы использовали цветовую составляющую при создании синтезированных изображений. При формировании цветного RGB изображения каждым из цветовых каналов является масштабное представление исходного рельефа или его производные, каждый со своим масштабным параметром. При большом возможном количестве комбинаций цвета, масштабных параметров и операторов для дешифрирования выбираются синтезированные изображения, которые максимально наглядно выделяют или разделяют те или иные тектонические структуры при решении конкретных задач.

В настоящее время существует много способов обработки изображений, позволяющих выделять те или иные особенности, в том числе и в известных программных продуктах, таких как Photoshop. Преимущество нашего подхода в том, что операторы, масштабные параметры, их сочетания выбираются исследователем самостоятельно, в зависимости от конкретной геологической обстановки района исследований.

Кроме того, на основе обработанных изображений проведен автоматический расчет элементарных линейных элементов, их плотности и собственно самих линеаментов по программе WinLessa [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ

На карте синтезированных RGB-изображений высоко стоящему в рельефе Эльконскому горстовому поднятию (рис. 2) отвечает обширное поле светлой голубоватой или красноватой окраски (см. соответствие операторов цветовым каналам). Эльконский рудный район в виде блока ромбовидной формы, ограниченного со всех сторон разломами северо-западного и северо-восточного простирания, занимает практически все поле, за исключением незначительного участка на правом берегу р. Элькон. Небольшие «засветы» на рисунке 2 за пределами горста на юго-западе приурочены к золоторудным и платиновым полям.

На схеме линеаментов район приурочен к протяженной субширотной зоне мощностью до 90 км, уходящей далеко за пределы Эльконского района. Часть линеаментов отвечает подновленным в мезозое докембрийским разломам, а часть является новообразованными в мезозое. В коренном залегании, учитывая развитие в районе вечной мерзлоты и мощного чехла элювиально-делювиальных отложений, изучены в основном разломы с выявленными с поверхности признаками урановой минерализации в верхних частях склонов и на водоразделах. Все они явились ураноносными, что позволяет предполагать присутствие урановых руд и в неизученных разломах. Урановые месторождения в этой зоне локализируются в субширотных и северо-западных разломах, часто в узлах их сочленения с линеаменами северо-восточного простирания. Промышленная урановая минерализация приурочена к отдельным линеаменам, трассирующим тектонические структуры, в детально разведанной северной части площади, но ее признаки установлены в рудных зонах по всей территории Эльконского района, что предопределяет широкий фронт для дальнейших поисковых и разведочных работ. Следует подчеркнуть, что большинство тектонических нарушений, которые контролируют урановую минерализацию, согласуются с ориентацией в пространстве как всего блока, так и с преобладающим направлением

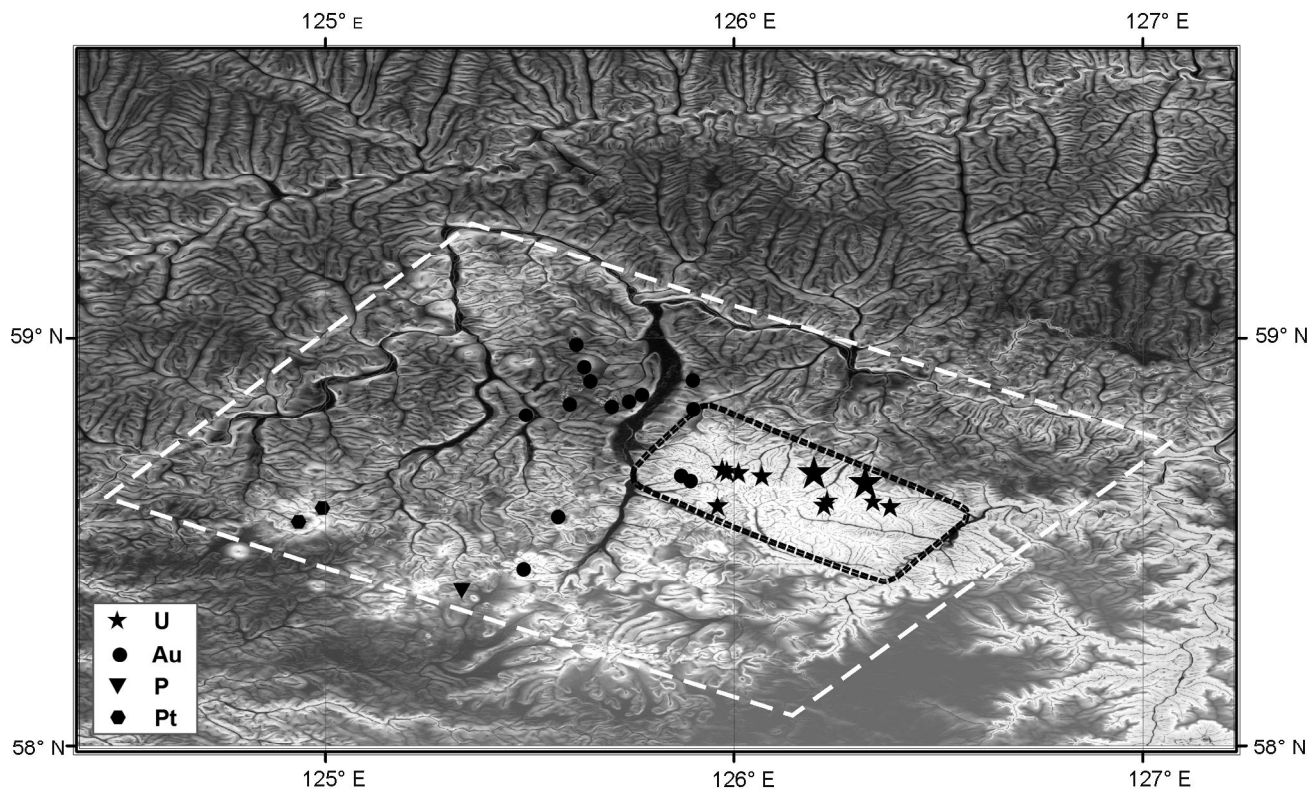


Рис. 2. Синтезированные RGB-изображения. Цветовые компоненты: R – высоты, G и B – модуль градиента (первая производная) с масштабами $t = 1$ и 6, соответственно (см. цветные рисунки на сайте журнала Тихоокеанская геология <http://itig.as.khb.ru/POG/index.htm>).

Черным пунктиром показан Эльконский урановорудный район, белым – Центрально-Алданский рудоносный блок. Значкам соответствуют основные меторождения.

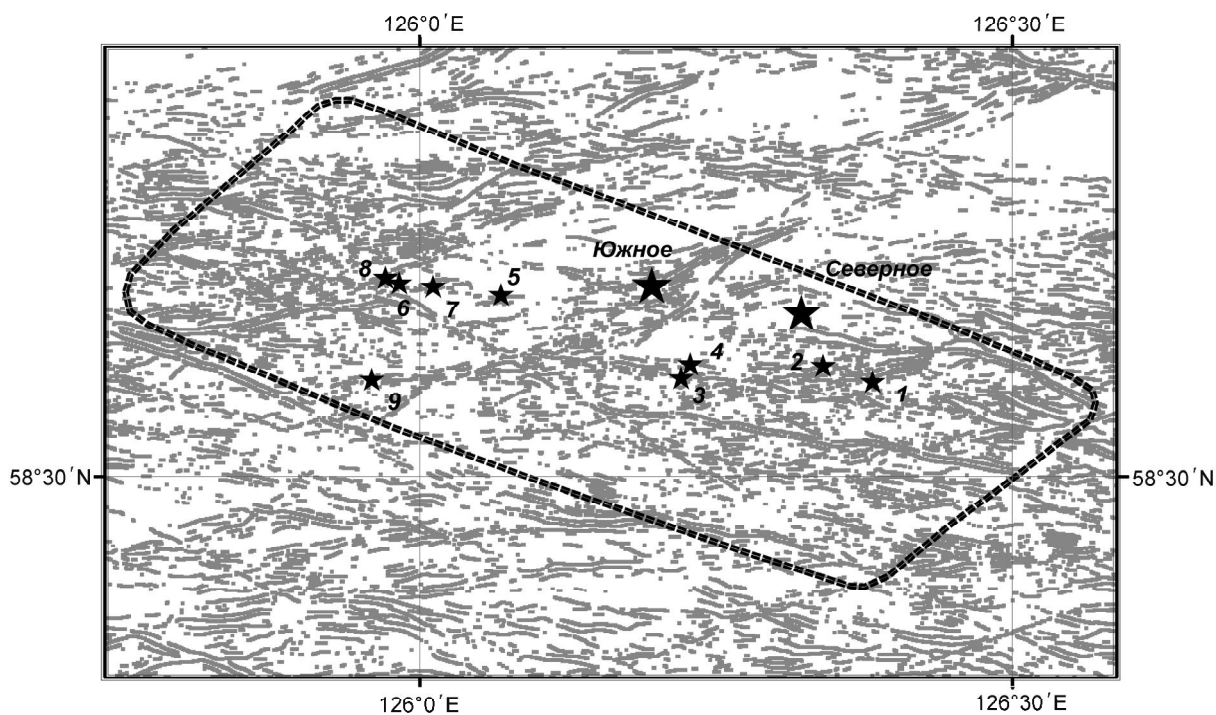


Рис. 3. Схема линейментов Эльконского рудного района, рассчитанных по программе WinLessa, с данными по ураноносности.

Названия меторождений см. на рис. 1.

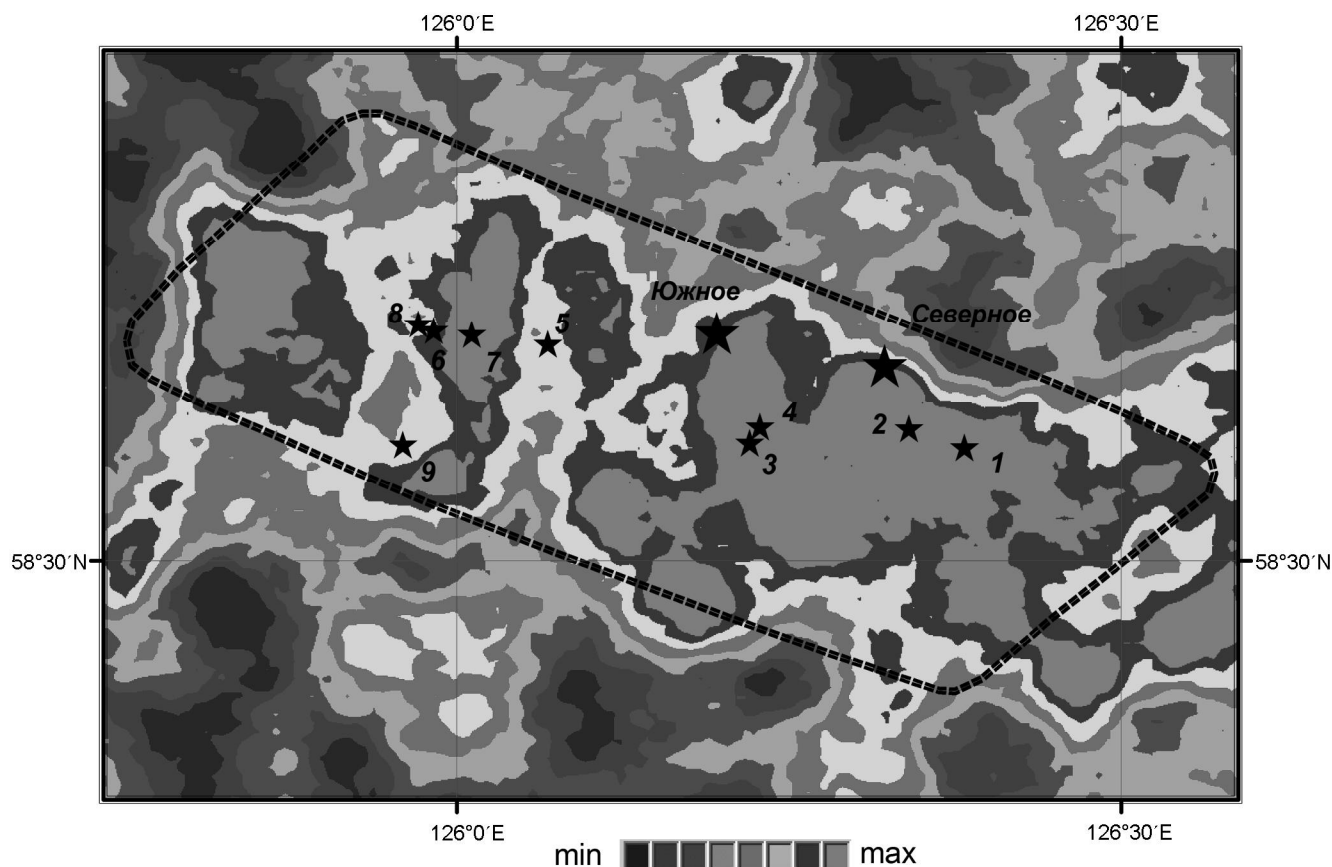


Рис. 4. Плотность элементарных линейных элементов, рассчитанных по программе WinLessa, и основные урановые месторождения Эльконского рудного района (см. цветные рисунки на сайте журнала Тихоокеанская геология <http://itig.as.khb.ru/POG/index.htm>).

Названия месторождений см. на рис. 1.

линеаментов, находящихся за его пределами. На схеме плотности распределения элементарных линейных элементов, рассчитанных по программе WinLessa, (рис. 4) к Эльконскому району приурочена наиболее интенсивная их аномалия, занимающая всю площадь района и частично выходящая за его пределы на юго-восточном фланге. Установлена довольно четкая зависимость пространственного положения месторождений от полей экстенсивности: восемь месторождений, в том числе два суперкрупных, локализовано в ореолах максимальной экстенсивности коротких линеаментов и только 3 из них попадают в поля более умеренного их развития.

Выявлена еще одна интересная закономерность для всего Центрально-Алданского блока. В бассейне верхнего течения р. Алдан выделен блок ромбовидной формы площадью около 16000 км², ограниченный со всех сторон разломами северо-западного и северо-восточного простирания, конформными границам Эльконского рудного района (рис. 2). В блоке

проявлены неопротерозойский и позднемезозойский основной и субщелочной гранитоидный магматизм, обусловленный действием локальных мантийных резервуаров, и густая сеть линеаментов субширотного, реже северо-западного и северо-восточного простирания. С неопротерозойским и позднемезозойским магматизмом блока связаны крупные месторождения золота, урана, редких, редкоземельных элементов, платиновой и апатитовой минерализации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, применение методики обработки ЦМР позволило выявить новые характеристики Эльконского рудного района, установить особенности его расположения в поле линеаментов, что может послужить основой для дальнейших исследований ураноносности района. Кроме того, выделен крупный блок, контролирующей практически всю рудную минерализацию Центрально-Алданского района. Эту закономерность необходимо учитывать при дальнейших

поисковых работах на уран в Центральном-Алданском районе Алдано-Станового щита.

Работа выполнена при поддержке целевой комплексной программы Дальневосточного отделения РАН «Спутниковый мониторинг Дальнего Востока для проведения фундаментальных научных исследований Дальневосточного отделения РАН».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаврикова С.Н., Николаева Л.Л., Галанин А.В. Ранний докембрий южной части Становой складчатой области. М.: Недра, 1991. 171 с.
2. Гильманова Г.З., Рыбас О.В., Горошко М.В. Применение преобразованных цифровых моделей рельефа для геолого-структурного районирования крупных блоков земной коры // Тихоокеан. геология. 2011. Т. 30, № 6. С. 34–43.
3. Горошко М.В., Малышев Ю.Ф., Кириллов В.Е. Металлогения урана Дальнего Востока России. М.: Наука, 2006. 372 с.
4. Рыбас О.В., Гильманова Г.З. Применение теории масштабируемого пространства для выделения и анализа структур рельефа по радиолокационным данным // Исследование земли из космоса. 2011. № 6. С. 45–52.
5. Рыбас О.В., Гильманова Г.З., Забродин В.Ю. Возможности дешифрирования геологических объектов с помощью применения теории масштабного пространства для обработки цифровых моделей рельефа. Синтезированные цвета // Вестн. ДВО. 2013. № 3. С. 78–83.
6. Zlatopolsky A. Description of texture orientation in remote sensing data using computer program LESSA // Computers&Geosciences. 1997. V. 23, N 1. P. 45–62.

Рекомендована к печати А.Н. Диденко

M.V. Goroshko, G.Z. Gil'manova, O.V. Rybas

Analysis of digital elevation models (DEM) in geological studies of the Elkon uranium district (Aldan-Stanovoy shield)

The article discusses the results of using satellite-derived synthetic aperture radar (SAR) data to highlight and to get more specific information about the inner structure of the ore districts occurring on the shields of ancient platforms which underwent intensification in the Mesozoic. For this purpose, specialized DEM processing using SAR data and lineament calculation with WinLessa, as well as statistical analysis, in the Elkon uranium district of the Aldan-Stanovoy shield were carried out. Application of the above techniques of DEM processing in the area made it possible to reveal unique features of the Elkon ore district by all the analysed parameters and to highly assess its potential for locating new uranium deposits.

Key words: uranium deposits, shuttle Radar Topography Mission, Elkon uranium district, Aldan-Stanovoy shield.