

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ЗЕМЛЕ

ЛИНЕАМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ХУЖИРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ, ВОСТОЧНЫЙ САЯН, ЮЖНАЯ СИБИРЬ

© 2024 г. И. И. Попов¹, М. А. Богуславский^{1, *}

¹МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

*E-mail: mboguslavskiy@yandex.ru

Поступила в редакцию 07.07.2023 г.

Основная цель данной работы — определить закономерности размещения оруденения, показать его связь с зонами вторичных изменений, даек и разломов разной ориентировки на территории Хужирского рудного поля (Восточный Саян, Южная Сибирь) с тем, чтобы наметить новые перспективные участки. На исследуемой территории, начиная с 2010-х годов, активно проводились поисково-разведочные работы. В разных ее частях, по результатам геофизической и геохимической съемок, проводилось бурение, строились горные выработки, расчищались канавы. Тем не менее новых рудных тел, отработка которых была бы экономически целесообразна, обнаружено не было. Для достижения поставленной цели в данной работе было решено применить новый для данной территории подход — линеаментный анализ, в рамках которого была проведена выделение линейных структур на основе материалов дистанционного зондирования Земли, в том числе с применением специализированного программного обеспечения. Было обнаружено совпадение определенных ориентировок геологических объектов (рудных тел, зон вторичных изменений, разрывных нарушений) и отдешифрованных вручную линеаментов. Применение нового подхода позволило на новых основаниях выделить перспективные участки.

Ключевые слова: золоторудное месторождение, линеаментный анализ, Хужирское рудное поле, поисковые признаки, перспективные участки

DOI: 10.31857/S0205961424020021, **EDN:** FPBYSO

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время имеется огромное количество данных, показывающих, что спрямленные элементы, наблюдаемые нами на космоснимках и других материалах дистанционного зондирования Земли, отражают особенности тектонической трещиноватости. Особенности расчленения рельефа, его морфоскульптура определяются не только лишь одними экзогенными процессами. Особенно влияние эндогенных и тектонических процессов проявлено в областях орогенеза (Башенина и др. 1970; Герасимов и др., 1977; Костенко и др., 1999; Перцов, 2000). Таким образом, под линеаментами понимают спрямленные фотоаномалии природного происхождения, отражающие линейные неоднородности земной коры.

С 30-х годов в нашей стране начали активно применяться дистанционные методы в геологии (Милосердова, 2022), сначала в целях картирования, затем и для дешифровки геологических объектов и структур. Здесь проявляется одна из сильных сторон метода — возможность еще до полевых работ получить некоторое представление об изучаемом

участке и предположить наиболее перспективные участки. Благодаря этому метод нашел применение в добыче полезных ископаемых (Сивков и др., 2020).

Обнаружение и отрисовка линеаментов может осуществляться как “вручную” человеком в ходе визуального дешифрования материалов (Скарятин и др., 1979), так и при помощи автоматизированного компьютерного анализа.

Использование современных технологий позволяет повысить качество анализа исходных данных как за счет их подготовки к визуальной дешифровке, так и благодаря способности некоторых алгоритмов, таких как LINE в PCI Geomatica или LESSA, к выявлению спрямленных участков на изображении.

В качестве основы для проведения линеаментного анализа использовались общедоступные результаты ДЗЗ, а именно: спутниковые снимки ESRI ArcGIS Clarity и ArcGIS Imagery, Yandex–Спутник (съемка поверхности Земли в видимом диапазоне), SRTM DEM и ASTER Global DEM (цифровая модель поверхности).

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Исследуемая площадь расположена в юго-восточной части Восточного Саяна в Окинском районе Республики Бурятия, в южных отрогах хребта Кропоткина. В орографическом отношении исследуемая площадь представляет собой сильно расчлененную горную систему.

В геологическом строении территории принимают участие сланцево-карбонатные породы иркутской свиты рифей-вендского возраста, вулканогенно-терригенные породы илейской толщи девонского возраста и кайнозойские образования.

Породы иркутской свиты практически полным кольцом охватывают Сайлагский гранодиоритовый массив. Свита сложена светло-серыми крупнозернистыми мраморами и известняками, метаморфизованными в условиях амфиболитовой фации. Вулканогенно-осадочные породы илейской толщи изолированными фрагментами располагаются по периметру рудного поля преимущественно на водоразделах. В его контурах она имеет двучленное строение. В нижних частях разреза мощностью 480 м в туфах среднего и кислого состава наблюдаются прослои вулканогенно-терригенных пород — туфоконгломераты, гравелиты, туфопесчанки и туфоалевролиты. Верхняя часть, мощностью не менее 250 м, сложена лавами субшелочных риолитов-риодацитов (Гордиенко и др., 2014, 2016).

В пределах Хужирского рудного поля магматические образования относятся к трем разновозрастным комплексам: интрузивным урикскому и таннуольскому и вулканоплутоническому огнитскому. Урикский интрузивный комплекс локально проявлен на исследуемой площади. Возраст его пород определяется как венд-палеозойский или нижнепалеозойский. Таннуольский интрузивный комплекс в своем составе имеет две фазы (Федотова и др., 2002). Породы первой фазы представлены габбро-диоритами. Породы второй фазы в пределах Хужирского рудного поля слагают Сайлагский гранит-гранодиоритовый массив. В Хужирском рудном поле также широко распространены более молодые дайки микродиоритов и диоритовых порфиритов, относящиеся к самостоятельной фазе. Возраст комплекса определяется как раннепалеозойский по прорыванию им пород иркутской свиты рифей-вендского возраста и прорыванием его дайками огнитского комплекса девона. Имеющиеся датировки U-Pb методом гранитоидов попадают в интервал значений 450—480 млн лет (Федотова и др., 2002).

Структура Хужирского рудного поля определяется положением его в тектонических элементах юго-восточной части Восточного Саяна на стыке широтной Хамсаринской структурно-формационной зоны и ограничивающего ее с юга Жомболокского

глубинного разлома, с главным Саянским разломом северо-западного простирания, ограничивающим Сибирскую платформу с юго-запада (рис. 1). Расстояние от Хужирского рудного поля до главного Саянского разлома 40 км; до Жомболокского — 8 км. Эти элементы определили простирание основных структур рудного поля. Единственным отработываемым месторождением в пределах Хужирского рудного поля является Коневинское золоторудное месторождение.

В геологическом строении Коневинского месторождения (рис. 2) принимают участие гранодиориты и граниты таннуольного комплекса раннего палеозоя, дайки основного и среднего состава илейского вулканогенного комплекса девона. Золотое оруденение локализуется в узких и протяженных зонах северо-западного простирания и крутого северо-восточного падения. Гранитоиды изменены в условиях кварц-серицитовой фации метасоматоза.

В пределах месторождения большая часть даек метасоматически изменена, в результате чего точное петрографическое определение не производится и при документации они обозначаются как микродиориты. Дайки как правило имеют СВ ориентировку, секущую рудные тела под острым углом, реже СЗ, субпараллельную рудным телам. Падение даек крутое, от 60° до вертикального (Дамдинов и др., 2016). Рудные тела на месторождении представлены кварцевыми жилами и линейными жильно-прожилковыми зонами, обрамленными зонами березитизации. Рудные минералы в жилах образуют гнездовые скопления, представлены сульфидами, сульфосолями и теллуридами (Дашинимаев и др., 2010).

МЕТОДИКА РАБОТЫ

При визуальном дешифрировании сначала была отдешифрированы материалы обзорного уровня генерализации по снимкам ESRI ArcGIS S. Clarity, в результате чего были выделены спрямленные элементы — линеаменты. Кроме того, проведено изучение структуры фоторисунка с помощью алгоритма LINE программы PCI Geomatica. Выделение производилось как вручную автором статьи, так и с применением автоматизированных средств извлечения (алгоритм LINE).

Алгоритм LINE извлекает линейные объекты из изображения и записывает полилинии в виде сегментов. Данный алгоритм предназначен для выделения линеаментов из изображений, полученных в результате радиолокационной съемки.

В результате при визуальном дешифрировании были выделены линеаменты, распределение ориентировок которых в дальнейшем было изучено. Во-первых, была дана характеристика преобладающим

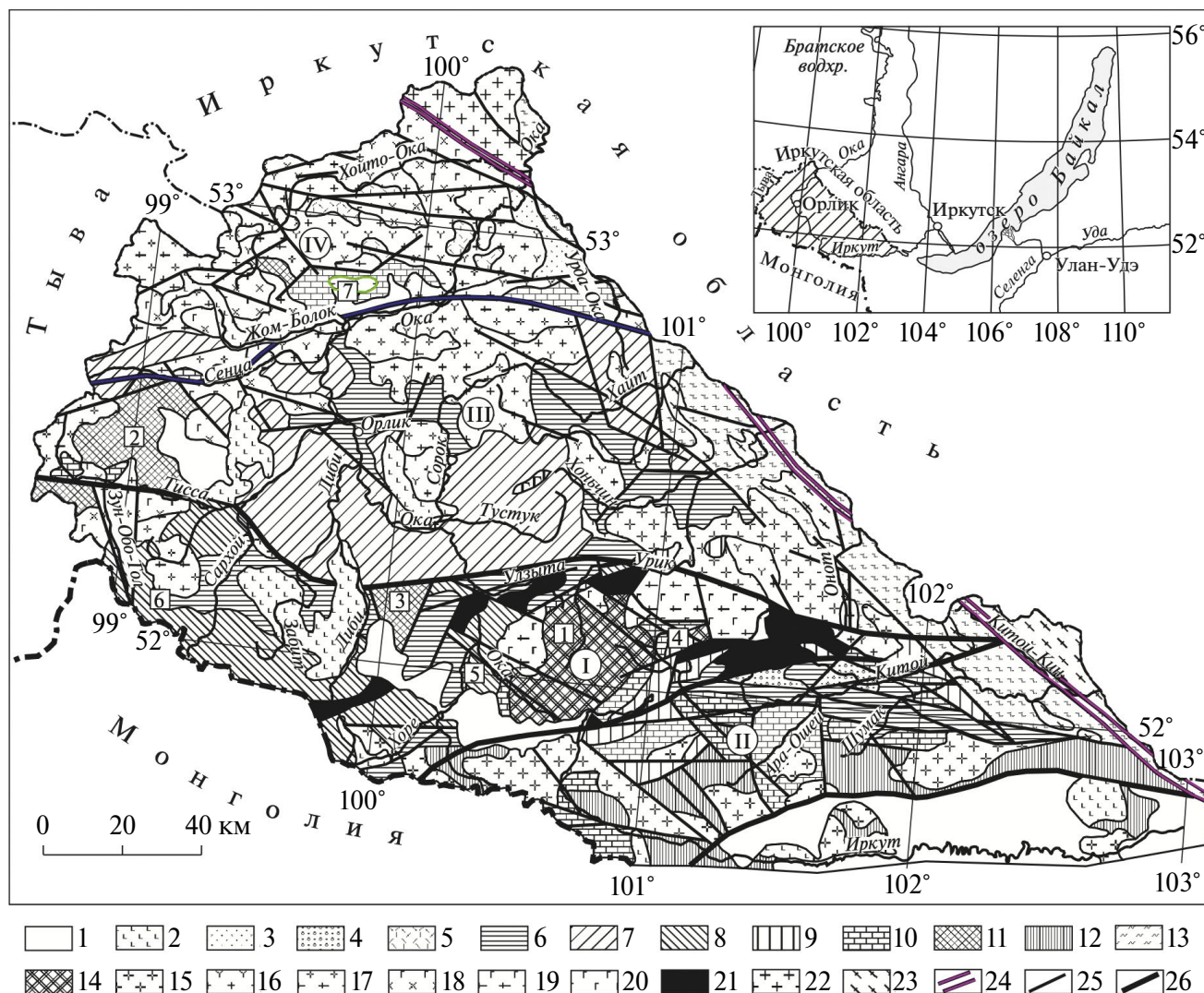


Рис. 1. Схема геологического строения и структурно-формационного районирования юго-восточной части Восточного Саяна (Окинского рудного района). По (Гордиенко И.В. и др., 2016), с изменениями.

Структурно-формационные зоны: I – Гарганская, II – Ильчирская, III – Окинская, IV – Хойтоокинская (Хамсаринская). Условные обозначения: 1 – четвертичные отложения; 2 – неоген-четвертичные базальты; 3 – мезозойские осадочные образования наринольской свиты (J_1); 4 – конгломерато-песчаниковая сагансайская свита ($D-C_1$); 5 – вулканогенные образования илейской толщи (D_1); 6 – боксонская серия нерасчлененная (PZ_1); 7 – окинская серия нерасчлененная (PR_3-PZ_1); 8 – осадочно-вулканогенная сархойская толща нерасчлененная (PR_3); 9 – терригенно-вулканогенные ильчирская и оспинская свиты (PR_3); 10 – терригенно-карбонатная иркутская свита (PR_3); 11 – метаморфиты Шутхулайской (2) и Хара-Тологойской (3) глыб (PR_1); 12 – осадочно-метаморфические образования хангарульской серии (PR_1); 13 – метаморфиты китойкинской серии (PR_1); 14 – метаморфические и ультраметаморфические образования Гарганской глыбы (1) (AR_2); 15 – верхнепалеозойские гранитоиды мункусардынского комплекса (PZ_3); 16 – гранитоиды огнитского комплекса (D_{1-2}); 17–18 – таннуольский комплекс (E_3-O): 17 – тоналиты, плагиограниты, 18 – габбро, диориты, кварцевые диориты; 19 – габбро-тоналит-плагиогранитная серия сумсунурского (холбинского) комплекса (PR_3); 20 – габброиды боксонского комплекса (PZ_1); 21 – гипербазиты ильчирского комплекса (PR_3); 22 – гранитоиды саянского комплекса (PR_3); 23 – метагранитоиды китойского комплекса (PR_{1-2}); 24 – зона Главного Саянского разлома; 25 – разрывные нарушения, преимущественно надвиги и сдвиги; 26 – границы структурно-формационных зон, синим выделен глубинный Жомболокский разлом. Глыбы: 1 – Гарганская, 2 – Шутхулайская, 3 – Хара-Тологойская. Вулканотектонические структуры: 4 – Барун-Холбинская, 5 – Верхнеокинская, 6 – Тисса-Сархойская, 7 – Хужирская, зеленым выделен Сайлагский массив, вмещающий Хужирское рудное поле.

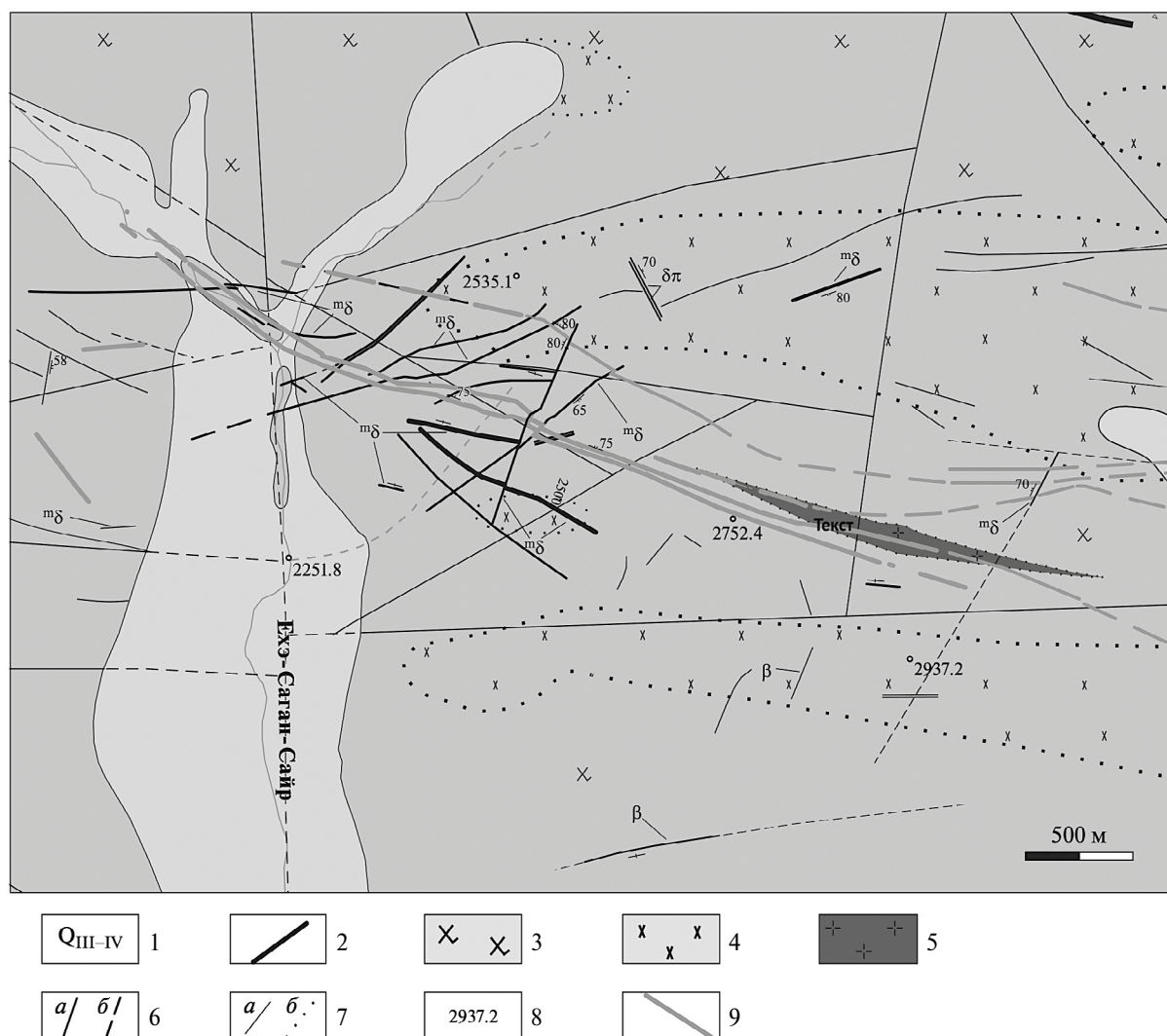


Рис. 2. Геологическая карта Коневинского месторождения (Дамдинов и др., 2016).

1 – четвертичные отложения нерасчлененные; 2 – дайки диабазов (β), диабазовых и диоритовых порфиров ($\delta\pi$), габбро-диоритов, микродиоритов ($m\delta$); таннуольский комплекс, 1 фаза: 3 – гранодиориты, монцогранодиориты; 4 – диориты; 2 фаза: 5 – лейкократовые граниты; 6 – разрывные нарушения: а – установленные, б – предполагаемые; 7 – геологические границы: а – установленные, б – с постепенными переходами; 8 – высотные отметки; 9 – рудные тела – кварцевые жилы с зонами березитизации.

и второстепенным ориентировкам, затем эти ориентировки были соотнесены с ориентировками рудных тел и зон березитизации с кварцевыми жилами и прожилками на Коневинском месторождении, а также ранее выделенных линеаментов регионального масштаба.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 3 представлено обзорное изображение изучаемого участка в обрамлении окружающей территории. Хорошо видно, что Хужирское рудное поле расположено у пересечения двух региональных линеаментов, имеющих ЮВ и ЮЗ простирания. Главными

тектоническими элементами района является Жомболокский глубинный разлом и Сайлагский разлом. В современном рельефе они выражены широкими речными долинами.

Изображения рабочего уровня генерализации представлены на рис. 4. Это мозаика, составленная из изображений ArcGIS Imagery, а также снимки Yandex-Спутник (съемка поверхности Земли в видимом диапазоне) и ASTER Global DEM (ЦМП).

На основании выделенных при визуальном дешифрировании линеаментов, были построена карта их плотности, а затем, для проведения дальнейшего анализа результаты предыдущего этапа были сегмен-

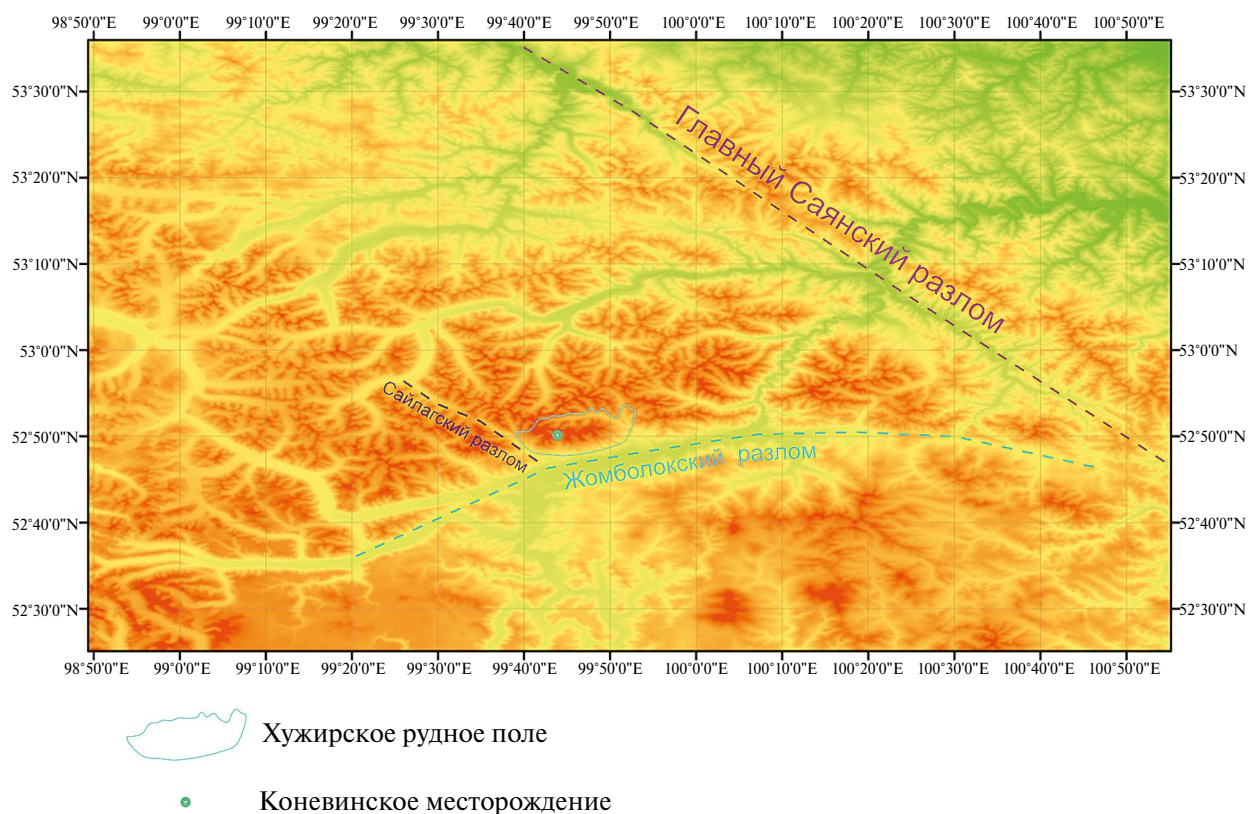


Рис. 3. Обзорный снимок STRM DEM. Штриховой линией показаны разломы.

тированы и для каждого отдельного сегмента линеаментов были высчитаны их азимут простирания (от 0° до 180°), на основании чего они были разделены на 8 групп, по которым построено 8 карт относительных плотности линеаментов с азимутами $22.5^\circ \pm 11.25^\circ$, $45^\circ \pm 11.25^\circ$, $67.5^\circ \pm 11.25^\circ$, $90^\circ \pm 11.25^\circ$, $112.5^\circ \pm 11.25^\circ$, $135^\circ \pm 11.25^\circ$, $157.5^\circ \pm 11.25^\circ$ и $180^\circ \pm 11.25^\circ$ (рис. 5).

Выделенные в результате визуальной дешифровки линеаменты были разделены на три морфологические группы на основании их размеров и выраженности в рельефе: мелкие, средние и крупные (рис. 6).

В центральной части рудного поля преобладают линеаменты крупного размера, среди которых отчетливое преобладают ориентировки меридионального, ЮВ и ЮЗ простирания (рис. 7а). Зачастую совпадают с ручьями и упираются в линеаменты более высокого (регионального) ранга. Среди линеаментов среднего ранга преобладают ориентировки СВ простирания (рис. 7б), а мелким соответствуют ориентировки СВ, субширотного и ЮВ простирания (рис. 7в). Разделение линеаментов на приведенные выше группы осуществляется на основании их размеров и степени их проявления в рельефе.

Полученные ориентировки следует сопоставить, с одной стороны, с таковыми рудных тел месторождения (рис. 7г) и зон безрезитизации с кварцевыми прожилками (рис. 7д), а с другой, с ориентировками линеаментов выделенных на карте регионального масштаба (рис. 7е).

В результате мы видим совпадающие ориентировки ЮЗ и ЮВ направлений у крупных, мелких и региональных линеаментов, с одной стороны, и ЮВ ориентировок у региональных, крупных, мелких линеаментов и ориентировок рудных тел, зон вторичных изменений с другой стороны.

Под ориентировками мы понимаем простирание линеаментов. Отрисовка линеаментов осуществлялась в программе ArcGIS, аддон для которой автоматически высчитывает азимут линеаментов и их количество. Полученные данные отображены в виде роза-диаграммы.

К сожалению, применение алгоритма LINE не принесло значительной пользы. Авторам так и не удалось добиться с его помощью стабильного выделения линеаментов. Выделяемые им спрямленные участки либо обнаруживаются лишь по отдельным направлениям, либо становятся слишком “хаотичными”.

ОБСУЖДЕНИЕ

Среди линеаментов центральной части рудного поля преобладают таковые крупного размера, среди которых отчетливо превалируют ориентировки меридионального, ЮВ и ЮЗ простираний. Зачастую они совпадают с ручьями и упираются в линеаменты более высокого (регионального) ранга. Среди линеаментов среднего ранга преобладают ориентировки

СВ простирания, а мелким соответствуют ориентировки ЮВ, субширотного и также СВ простирания. На самом Коневинском месторождении основными ориентировками рудных тел и зон вторичных изменений являются ЮВ.

В результате обнаружено совпадение ЮВ ориентировок как у рудных тел и зон березитизации, так и у крупных и мелких линеаментов. Кроме того,

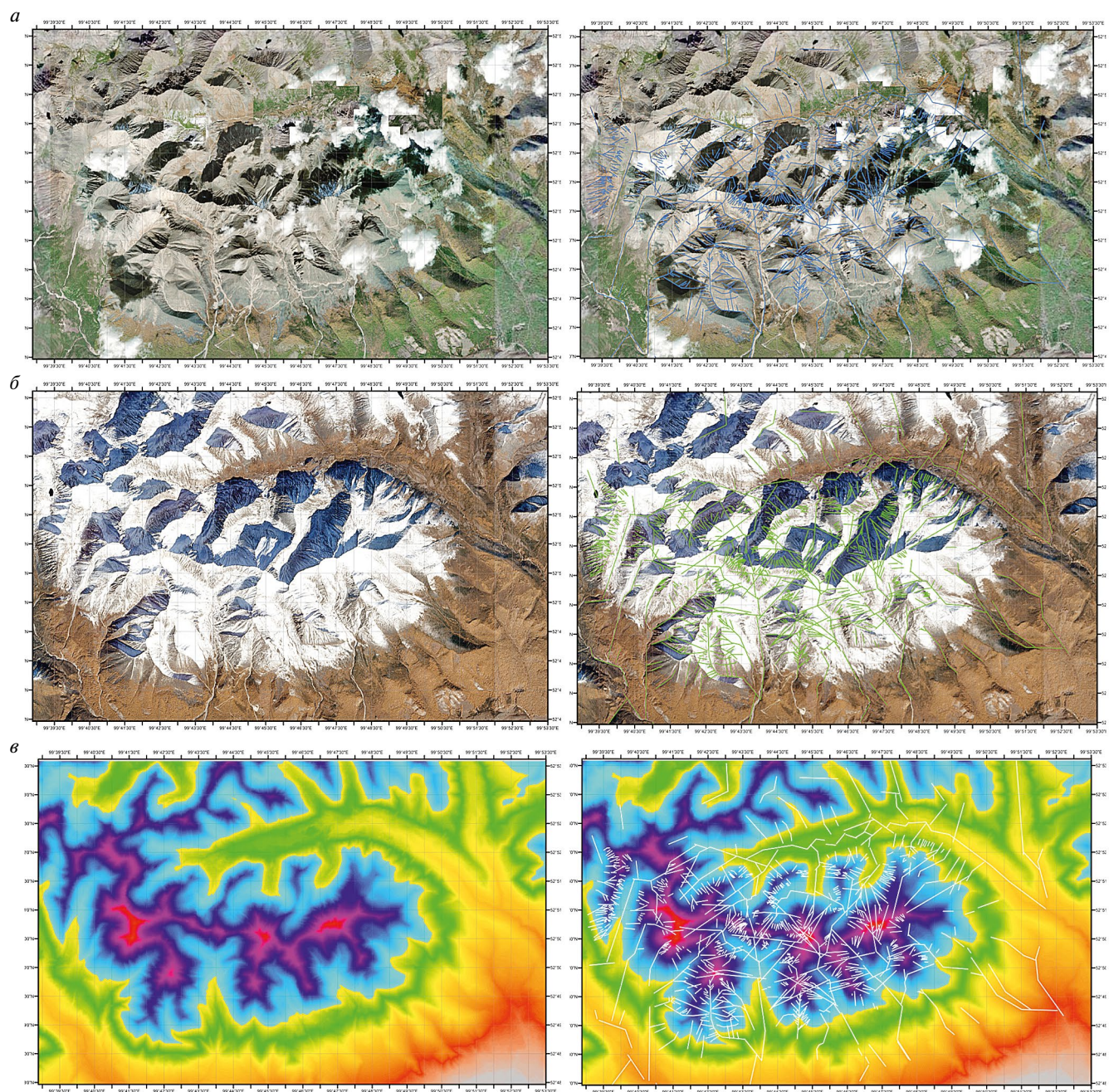


Рис. 4. Космические изображения (*а* – ESRI ArcGIS.Imagery, *б* – Yandex–Спутник, *в* – ASTER GDEM, слева) Хужирского рудного поля и схемы дешифровки линеаментов рабочей генерализации (справа).

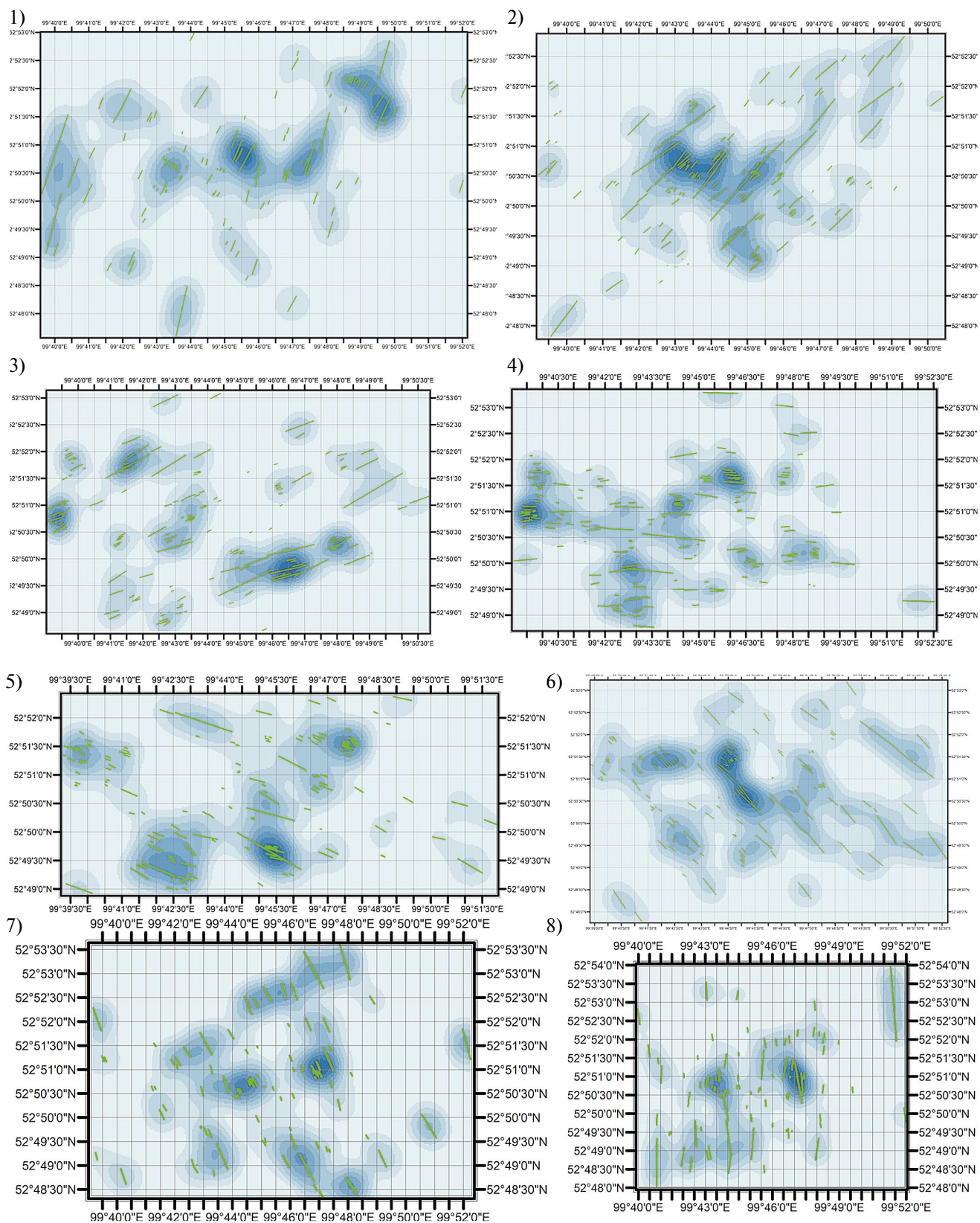


Рис. 5. Линеаменты на картах плотности восьми различных ориентировок: 1) $22.5^\circ \pm 11.25^\circ$, 2) $45^\circ \pm 11.25^\circ$, 3) $67.5^\circ \pm 11.25^\circ$, 4) $90^\circ \pm 11.25^\circ$, 5) $112.5^\circ \pm 11.25^\circ$, 6) $135^\circ \pm 11.25^\circ$, 7) $157.5^\circ \pm 11.25^\circ$ и 8) $180^\circ \pm 11.25^\circ$. Зеленым показаны соответствующие ориентировки.

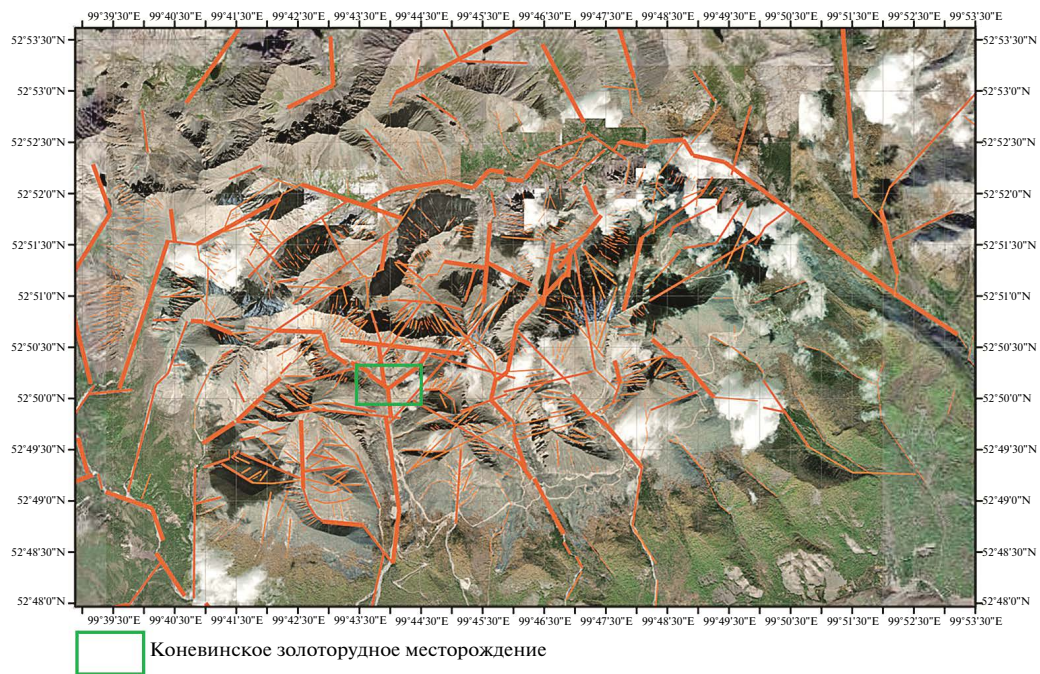


Рис. 6. Схема дешифровки линейментов на рабочем уровне генерализации (снимок ESRI ArcGIS.Imagery, линейменты показаны красным, толщина линий соответствует рангу линейментов).

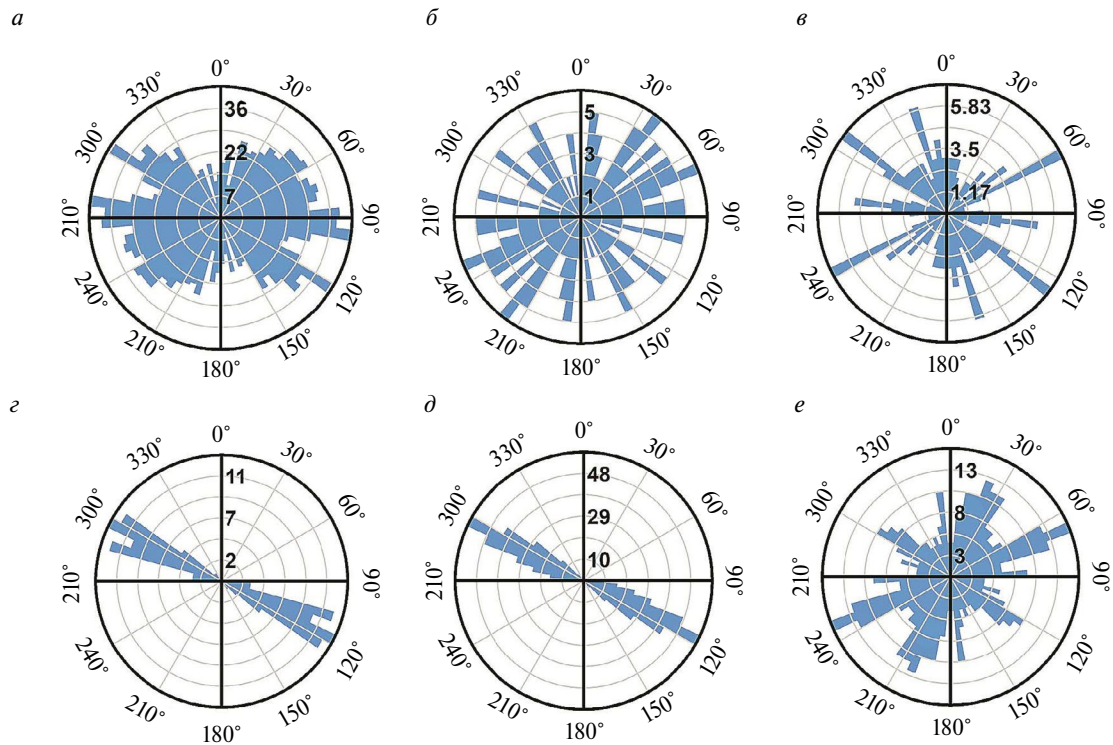


Рис. 7. Ориентировки: а – крупных линейментов, б – средних линейментов, в – мелких линейментов, г – рудных тел, д – зон березитизации с кварцевыми прожилками, е – линейментов регионального масштаба.



Рис. 8. Схема перспективных участков рудного поля с обозначенными линеаментами.

сами рудные тела, как правило, приурочены к местам пересечения систем субпараллельных разрывных нарушений, даек. Эта связь позволяет предполагать участки с зонами пересечения линеаментов ЮВ ориентировки с другими линеаментами и разрывными нарушениями наиболее перспективным. Выявлены два соответствующих участка. При этом подобных пересечений линеаментов с описываемыми ориентировками не было обнаружено в зонах, где были сосредоточены работы предшественников, чем, возможно, объясняется отсутствие промышленно значимого оруденения.

Важность именно участков пересечения основывается на предположении о наибольшей проницаемости в зонах пересечения линеаментов. А выбор определенных конкретных ориентировок связан с предположением о том, что при разных геодинамических обстановках одни из них “приоткрываются”, а другие наоборот “зажимаются”, вследствие чего меняется миграционная способность по ним, а значит их рудоконтролирующая роль.

На основании полученных данных были сделаны выводы о приуроченности рудных тел, с одной стороны, к пересечениям крупных линеаментов рабочего масштаба, а, с другой стороны, приуроченности оруденения к определенному направлению, что позволяет делать предположения о перспективности участков, находящихся севернее Коневинского месторождения (рис. 8). Ранее поисковые работы были сосредоточены на востоке от месторождения и значимых результатов не дали.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении данной работы были опробованы как метод автоматического дешифрирования, к сожалению, показавший неудовлетворительный результат, так и визуального. На разных уровнях генерализации были выделены линеаменты, распределение и ориентировки которых в дальнейшем были изучены.

Таким образом, применение метода позволило предположить закономерность размещения оруденения, выявить новые перспективные для дальнейших работ участки и объяснить недостатки старых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Башенина Н.В., Пиотровский М.В., Симонов Ю.Г., Леонтьев О.К., Тальская Н.Н., Рубина Е.А., Аристархова Л.Б., Орлова Н.И., Иголина С.А. Геоморфологическое картирование. М.: Высшая школа, 1977. 375 с.
- Герасимов П.П., Горелов С.К., Ганешин Г.С., Мещеряков Б.А., Рождественский А.П., Эвентов Я.С. Применение геоморфологических методов в структурно-геологических исследованиях. М.: Недра, 1970. 296 с.
- Гордиенко И.В., Рошкеттаев П.А., Гороховский Д.В. Окинский рудный район Восточного Саяна: геологическое строение, типы рудных месторождений, геодинамические условия их образования и перспективы освоения // Известия СО РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2014. № 6 (49). С. 14–31.
- Гордиенко И.В., Рошкеттаев П.А., Гороховский Д.В. Окинский рудный район Восточного Саяна: геологическое строение, структурно-металлогеническое районирование, генетические

типы рудных месторождений, геодинамические условия их образования и перспективы освоения // Геология рудных месторождений. 2016. Т. 58 (5). С. 405–429.

Дамдинов Б.Б., Жмодик С.М., Рощектаев П.А. и др. Минеральный состав и генезис Коневи́нского золоторудного месторождения (Восточный Саян, Россия) // Геология рудных месторождений. 2016. Т. 58 (2). С. 154–170.

Даши́ни́маев З.Б. Минералого-геохимические особенности Коневи́нского золоторудного месторождения (Восточный Саян), Новые и нетрадиционные типы месторождений полезных ископаемых Прибайкалья и Забайкалья: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Улан-Удэ: ЭКОС, 2010. С. 63–65.

Ми́лосе́рдова Л.В. Аэрокосмические методы в нефтегазовой геологии. М.: Недра, 2022, Электронное издание.

Пе́рцов А.В. Аэрокосмические методы геологических исследований. Санкт-Петербург: Изд-во СПб картфа́брики ВСЕГЕИ, 2000. 316 с.

Сивков Д.В., Читалин А.Ф., Дергачев А.Л. Применение линейного анализа для выявления закономерностей локализации золотого оруденения на территории Тары́нского рудного поля в Республике Саха (Якутия) // Исследование Земли из космоса. 2020. № 1. С. 3–19.

Скаря́тин В.Д., Аки́мова Е.В., Фа́ворская М.А. Анализ космических снимков при тектоно-магматических и металлогенических исследованиях. М.: Изд-во Наука, 1979. 166 с.

Костенко Н.П., Геоморфология. М.: Университет, 1999. 379 с.

Федотова А.А., Хаин Е.В. Тектоника юга Восточного Саяна и его положение в Урало-Монго́льском поясе. М.: Научный мир, 2002. 170 с.

Lineament Analysis of the Khuzhir Ore Field, Eastern Sayan, Southern Siberia

I. I. Popov¹, M. A. Boguslavskiy¹

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The main goal of this work is to determine the patterns of mineralization distribution and its relationship with zones of secondary changes, dikes and faults of various orientations at the territory of the Khuzhir ore field in order to uncover new promising areas. Since the 2010s, prospecting and exploration work has been actively carried out in the study area. In different parts of it, according to the results of geophysical and geochemical surveys, drilling was carried out, mine workings were built, ditches were cleared. However, no new ore bodies that would be economically viable to mine have been found. Therefore, in order to achieve our goal, in this work it was decided to apply a new approach - lineament analysis. For that was carried out selection of linear structures on the basis of the Earth remote sensing materials, including the use of specialized software.

Keywords: Gold deposit, lineament analysis, Khuzhir ore field, drill-down characteristics, prospect

REFERENCES

Bashenina N.V., Piotrovsky M.V., Simonov Yu.G., Leontiev O.K., Talskaya N.N., Rubina E.A., Aristarkhova L.B., Orlova N.I., Ignonina S.A. Geomorphological mapping. Moscow: Higher School, 1977. 375 p.

Gerasimov P.P., Gorelov S.K., Ganeshin G.S., Meshcheryakov B.A., Rozhdestvensky A.P., Eventov Ya.S. Application of geomorphological methods in structural-geological exploration. Moscow: Nedra Publishing House, 1970. 296 p.

Gordienko I.V., Roshchektaev P.A., Gorokhovskiy D.V. Okinsky ore district of the Eastern Sayan: geological structure, types of ore deposits, geodynamic conditions of their formation and development prospects // Izvestia SB RANS. Geology, prospecting and exploration of ore deposits. 2014. No. 6(49). P. 14–31.

Gordienko I.V., Roshchektaev P.A., Gorokhovskiy D.V. Okinsky ore district of Eastern Sayan: geological structure, structural and metallogenic zoning, genetic types of ore deposits, geodynamic conditions of their formation and prospects for development // Geology of ore deposits. 2016. V. 58(5). P. 405–429.

Damdinov B.B., Zhmodik S.M., Roschektaev P.A. et al. Mineral composition and genesis of the Konevinsky gold deposit (Vostochny Sayan, Russia) // Geology of ore deposits. 2016. V. 58(2) P. 154–170.

Dashinimaev Z.B. Mineralogical and geochemical features of the Konevinsky gold deposit (Vostochny Sayan), New and unconventional types of mineral deposits of the Baikal and Transbaikalia: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Ulan-Ude: EKOS, 2010. P. 63–65.

Kostenko N.P. Geomorphology. Moscow, University Publishing House, 1999. 379 p.

Miloserdova L.V. Aerospace methods in oil and gas geology. Moscow, Nedra Publishing House, 2022, Electronic edition.

Pertsov A.V. Aerospace methods of geological research. St. Petersburg, Publishing house of St. Petersburg cart factory VSEGEI, 2000, 316 p.

Sivkov D.V., Chitalin A.F., Dergachev A.L. Application of lineament analysis to identify patterns of localization of gold mineralization on the territory of the Taryn ore field in the Republic of Sakha (Yakutia) // Research of the Earth from space. 2020. No. 1. P. 3–19.

Skaryatin V.D., Akimova E.V., Favorskaya M.A. Analysis of satellite images in tectonic-magmatic and metallogenic studies. Moscow, Nauka Publishing House, 1979. 166 p.

Fedotova A.A., Khain E.V. Tectonics of the south of the Eastern Sayan and its position in the Ural-Mongolian belt. Moscow, Publishing house Scientific World, 2002. 170 p.