УДК 550.8.053, 550.814

И.Б.МОВЧАН, *канд. геол.-минерал. наук, доцент, imovch@mail.ru,*
В.Ю.АСЯНИНА, *аспирантка, asyanina.v@yandex.ru,*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

I.B.MOVCHAN, *PhD in geol. & min. sc., associate professor, imovch@mail.ru,*
V.Y.ASYANINA, *post-graduate student, asyanina.v@yandex.ru,*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ТРАССИРОВАНИЕ ПРОГНОЗНЫХ СТРУКТУРНЫХ МАРКЕРОВ ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДИСТАНЦИОННОЙ ОСНОВЫ В ОКРЕСТНОСТИ г.ФРЕСНИЛЛО (ЦЕНТРАЛЬНАЯ МЕКСИКА)

Материалы дистанционного зондирования представляют экспериментальную основу для опережающего геологического прогноза в условиях отсутствия доступа к геофизическим полям. В качестве подхода для анализа применяем авторскую методику автоматизированного линеаментного дешифрирования дистанционной основы на разных уровнях генерализации. Результат имеет форму совокупности линейных и циркоидных структур, организующихся в квазипериодический план. Области дискордантного соотношения наложенных структурных элементов этого плана обладают прогнозной значимостью.

***Ключевые слова*:** дистанционное зондирование, линеамент, трещиноватость, дешифрирование, генерализация, фактор структурного контроля, рудопроявление, период группы.

TRACING THE FORECAST STRUCTURAL ELEMENTS WHILE INTERPRETATION OF REMOTE SENSING DATA WITHIN FRESNILLO CITY (CENTRAL MEXICA)

The remote sensing data are experimental foundation for leading geological prediction, if the access to geophysical field is absent. The methodology of authorship for automatize lineament decoding with different generalization levels is used for analysis. The result represent a combination of linear and circular structures, which are arranged into a quasiperiodical plan. Discordant proportion areas of overlapping structural component of this plan have a prognostic significance.

***Key words*:** remote sensing, lineament, fracturing, decoding, generalization, structural check factor, mineralization, group period.

В условиях минимума или отсутствия зкспериментальной геолого-геофизической информации на момент начала исследования первичное экспертное заключение о степени сложности структурно-геологического строения полигона можно сделать только на основе анализа материалов дистанционного зондирования. Традиционно под материалами зондирования понимают результаты фотографирования поверхности Земли (дневной поверхности) аналоговыми или цифровыми устройствами соответственно во всем видимом диапазоне спектра или в различных спектральных каналах. По сравнению с прочими геолого-геофизическими данными, материалы дистанционного зондирования с достаточно большим пространственным разрешением захватывают практически всю земную поверхность за исключением закрытых объектов и отдельных участков на полюсах. Указанные материалы не содержат в себе данных о глубинном строении регио-

на в «чистом» виде: в формировании фотоизображения дневной поверхности принимают участие как эндогенные, так и экзогенные процессы, эффекты которых элементарными способами разделить невозможно.

В качестве решения этой проблемы автор рассматривает подход реконструирования структурного облика фотообраза полигона на основании линеаментного дешифрирования. Под линеаментом понимаем спрямленные (линеаризованные) элементы ландшафта, проводимые через его гетерогенные формы и маркирующие геологическую трещиноватость. В нашем случае рассматриваются месторождения марганца, имеющие предположительно осадочно-метаморфогенную природу. Априори предполагается рудоконтролирующая роль разрывной тектоники, способной сформировать каналы для подведения высоко- и низкотемпературных растворов, определяющих миграцию рудного компонента.

Линеаментное дешифрирование как метод интерпретации структуры фотообраза дневной поверхности практикуется в геологии более 40 лет, но до сих пор выполняется преимущественно визуально. И.Б.Мовчан более десяти лет применяет программный пакет линеаментного дешифрирования*, допускающий, во-первых, сокращение сроков обработки (до одной недели); во-вторых, обработку в условиях существенной антропогенной измененности местности; в-третьих, построение структурных схем на разных уровнях детальности (разных уровнях генерализации); в-четвертых, обязательную стороннюю экспертную оценку достоверности дешифрирования.

В основе алгоритма лежит представление фотообраза поверхности Земли как поля оптической плотности, заданного по площади с равным шагом дискретизации. В данном поле и в поле значений его горизонтального градиента выделяются точки экстремума. Относительно каждой такой точки организуется вращение локального отрезка на 180° с формированием дисперсионного функционала и его последующей минимизацией, в результате чего отрезок располагается строго вдоль прослеживаемой линейной структуры.

Разный уровень генерализации достигается формальным разделением поля оптической плотности на разночастотные компоненты в спектральной плоскости: наименее детальная структурная схема выполняется по низкочастотной составляющей, а наиболее детальная – по высокочастотной. С геологической точки зрения дешифрирование на разных уровнях генерализации означает выделение разноглубинных объектов (при переходе от низко- к высокочастотным диапазонам уменьшается глубина залегания объектов, чьи контуры отображаются в линеаментной схеме), которые генетически могут быть соподчинены друг другу. В итоговых линеаментных схемах прослеживаются два основных типа объектов – линейные и кольцевые структуры, представляющие собой два предельных случая, между которыми имеет место весьма широкий спектр объектов: S-образные линеаменты (трещины в окрестности зон, характеризуемых сдвиговой деформацией), пересечения линеаментных структур разного азимута простирания (области дискордантного соотношения разноглубинных структурных планов – области максимальной проницаемости земной коры), кольцевые структуры типа структур центрального удара (набор линейных трещин разной ориентации, чья область пересечения совпадает с центром кривизны круговой трещины) и т.д.

Линеаментным дешифрированием можно выполнить структурную реконструкцию, а также выделить области, где вероятность эндогенного оруденения максимальна. Такая экспертная оценка в отсутствие эталонных объектов будет носить безотносительный характер к типу ожидаемых руд. Что касается точности определения координат

---

* *Петров О.В.* Прикладные аспекты теории диссипативного структурирования неравновесной геологической среды / О.В.Петров, И.Б.Мовчан // Петров О.В. Диссипативные структуры Земли как проявление волновых свойств материи. СПб, 2007. С.202-268.

Petrov O.V., Movchan I.B. Applied aspects of the non-equilibrium dissipative structure theory of the geological environment // Petrov O.V. The Earth dissipative structure as wave properties of matter manifestation, Saint Petersburg, 2007. P.202-268.

перспективных объектов, то можно утверждать, что без эталонных объектов естественно ожидать общих оценок перспективности от лицензионного участка вообще до отдельных его частей. Поэтому авторами была проведена систематика итоговых данных по степени их информативности в отношении искомого объекта, составлен список месторождений, рудопроявлений и пунктов минерализации в окрестности исследуемого участка и выполнена их привязка. В итоге оказалось возможным на основании описанных выше структурных реконструкций выявить факторы структурного контроля марганецсодержащих руд и сделать первичный прогноз, выявив «точечные» перспективные объекты.

Точечность здесь – условное понятие, т.е. «точечный» объект в отличие от материальной точки в физике имеет линейные размеры, определяемые, во-первых, точностью географической привязки в данном масштабе; во-вторых, точностью исходной информации о географической позиции известных месторождений, рудопроявлений и пунктов минерализации; в-третьих, точностью трассирования рудоконтролирующих линеаментных структур. В нашем случае точность прогноза составляет порядка 50-100 м.

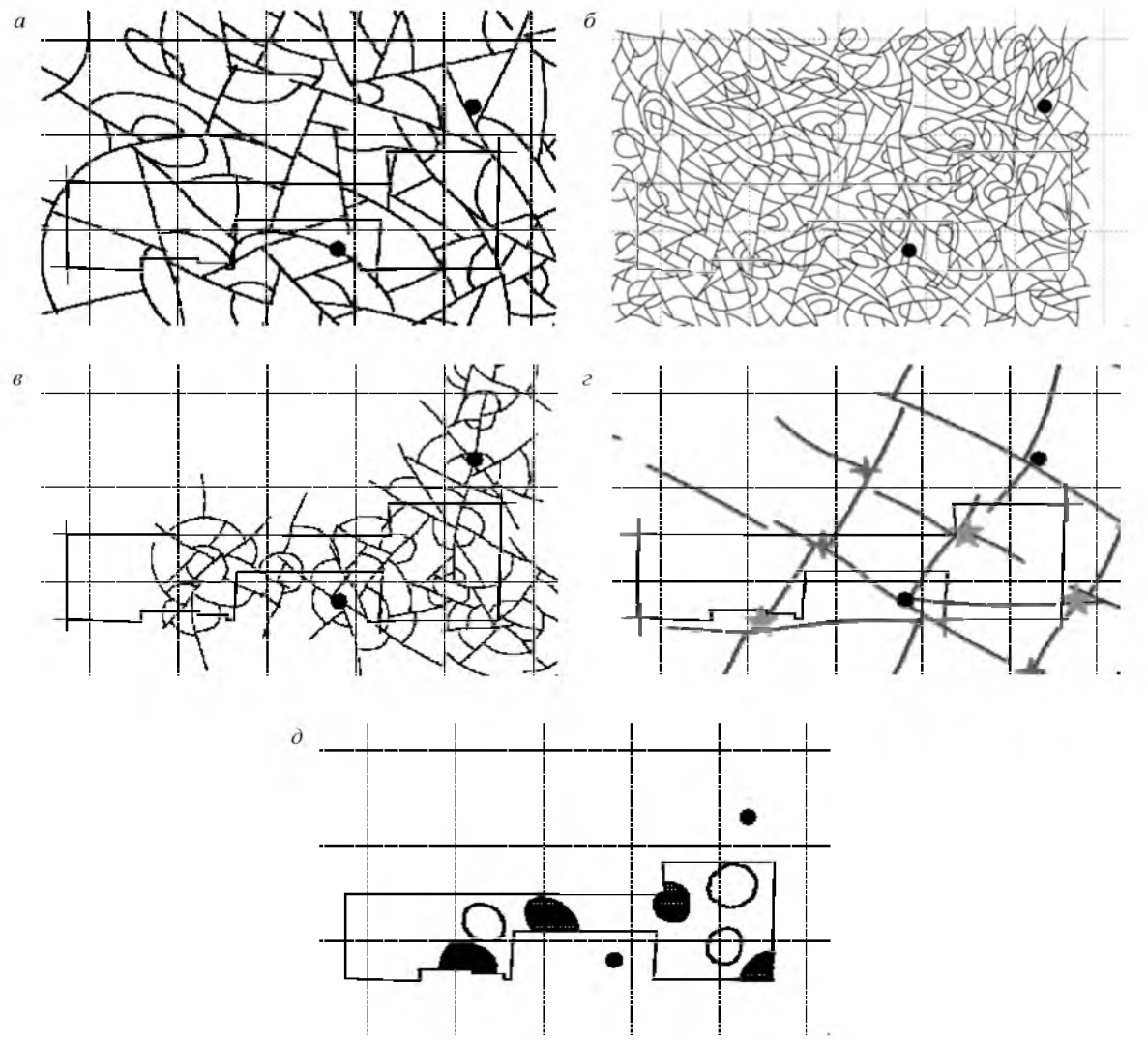
Особо остановимся на достоверности прогноза. В геологии принято различать первичные прогнозные оценки, выполняемые в условиях минимума или отсутствия априорной информации, и прогнозные оценки, выполняемые под заверочное бурение, которому предшествовали многостадийные геолого-геофизические наземные работы. Кроме стоимости, эти оценки различаются целями: в нашем случае первичных оценок речь идет об определении перспективности исследуемого участка на пиролюзитовые руды и выделении области участка, где необходимы первоочередные заверочные геолого-геофизические натурные измерения.

По лицензионному участку и его окрестностям выполнено дешифрирование на двух уровнях генерализации: обобщенное, отвечающее высоте полета порядка 40 км (см. рисунок, *а*), и детальное для высоты полета 7 км (рисунок, *б*). Результаты для обоих уровней генерализации показывают, что участок расположен на мощной складчатой зоне, маркированной линеаментами северо-западного простирания. Однородность этой зоны нарушается транзитными (сквозными) структурами северо-восточного и субмеридионального простирания, секущими северо-западную складчатую зону и определяющими значимые латеральные смещения ее отдельных структурных элементов.

На схеме обобщенного (регионального) дешифрирования можно наблюдать еще одну особенность пространственно-структурной позиции участка – его расположение в пограничной зоне между двумя кольцевыми структурами (рисунок, *а*). Причем если в восточной части участка линеаментная схема более изрезанная (на региональной схеме дешифрирования наблюдается бóльшая плотность линеаментных структур, а на локальной схеме дешифрирования – большее число кольцевых структур), то западная часть характеризуется более стационарным рисунком.

Полагая, что искомые рудопроявления тяготеют к дикордантным областям, утверждаем, что основное внимание при заверочных крупномасштабных работах необходимо обратить на восточную часть участка работ. При воздействии растворов рудопроявления и месторождения могут быть связаны с процессами поэтапного замещения (переработки вмещающего осадочного или вулканогенно-осадочного субстрата ювенильными растворами и атмосферными водами в условиях развитой геологической трещиноватости), т.е. с процессами поэтапных просадок по системе концентрических круговых трещин (рисунок, *в*). Результаты линеаментного дешифрирования показывают, что согласно этому критерию внимание следует фокусировать на центральной и восточной частях исследуемого участка (рисунок, *г*, *д*).

Взаимная географическая увязка космических материалов, итоговых структурных схем и позиций месторождений, рудопроявлений и пунктов минерализации показывает, что основная часть рудников концентрируется около восточной части полигона работ. Для выполнения в их окрестности структурного прогноза перспективных



Элементы структурных реконструкций по участку в окрестности г.Фреснилло: *а* – низкочастотное дешифрирование; *б* – высокочастотное дешифрирование; *в* – среднечастотное дешифрирование с выделением циркоидных структур;
г – периодическая рудоконтролирующая дизъюнктивная решетка; *д* – перспективные (пустые эллипсы) и прогнозные (заполненные эллипсы) циркоидные объекты. Черные точки – марганцевоносные рудопроявления, многоугольник – контур полигона работ

объектов использован известный в геологии и формализованный в рамках нашего программного пакета критерий соосных периодических структур (рисунок, *г*). Принято считать, что эндогенные рудопроявления, содержащие близкий по вещественному составу тип рудного компонента и обусловленные однотипными глубинными процессами, тяготеют к некоторым пространственным структурным осям и располагаются вдоль этих осей с определенным пространственным шагом, соблюдающимся в условиях неизменного геологического окружения.

Последний пункт накладывает ограничение на методику прогноза: прогноз считается достоверным, если выполняется либо в пределах периодически расположенной группы рудопроявлений, либо за ее пределами, но в малой окрестности, т.е. на расстоянии одного шага (периода группы) от внешнего объекта группы эталонных рудопроявлений. В качестве пространственной структурной оси может фигурировать региональный дизъюнктив, линия замка складки геологических слоев, контакт двух разнородных структурно-вещественных комплексов.