

подтверждается и по содержанию золота и золотосеребряных отношений по разным типам колчеданных руд (табл. 1).

Для анализа площадного распределения полезных компонентов использованы данные по Zn, Cu, Ag и Au в каждой из разведочных скважин с привязкой по глубине. Учитывались содержания, превышающие предельные промышленные концентрации: Cu ≥ 0.5 %; Zn ≥ 0.5 %; Ag ≥ 1 %; Au ≥ 0.5 %. Составлена соответствующая база данных и геоинформационный проект. В результате построены упрощенные карты распределения каждого элемента по среднему рудорудному уровню, объединяющему все линзовидные рудные тела.

В плане выделены две наиболее продуктивные рудоносные зоны субмеридионального простирания — меньшая западная и большая восточная (рис. 5).

Следует отметить конформность распределения меди и цинка. Золото и серебро распределены относительно независимо. Концентрации благородных металлов имеют протяженность в северном и северо-западном направлениях, которые совпадают с отмеченными выше разломами, оперяющими сдвиги. Отсутствие связей золота с медью и цинком подтверждается корреляционным анализом (табл. 2).

На основании полученных данных и с учетом разломных структур на месторождении составлена прогнозная схема на золотое оруденение (рис. 6). Выделенные перспективные зоны имеют крутое падение и в основном северо-западное простирание. Перспективные зоны также показаны на профилях (рис. 4).

Заключение

Проведенный анализ пространственной позиции цинково-медных руд, золота и серебра наиболее крупного в Центральной Кубе месторождения Сан-Фернандо позволяет сделать следующие выводы.

Во-первых, на месторождении Сан-Фернандо можно ожидать совмещение известных медно-цинковых колчеданных залежей с собственно золоторудными телами.

Во-вторых, на месторождении установлено не типичное для колчеданных объектов соотношение согласных линзовидных рудных залежей, сложенных массивными, слоистыми и брекчиевыми рудами, с прожилково-вкрапленными сульфидными рудами, располагающимися ниже, выше и на краях линзовидных тел. Они, вероятно, контролируются крутопадающими север-северо-западными разломами.

В-третьих, на месторождении выделены две субмеридиональные рудоносные зоны, в которых совмещаются пологозалегающие рудные линзы трех уровней и крутопадающие колчеданные залежи, внутри которых выделены зоны, перспективные на золотое оруденение.

Выделенные перспективы обнаружения золотого оруденения являются основанием проведения дополнительных геологоразведочных работ с бурением наклонных скважин на месторождении Сан-Фернандо.

ЛИТЕРАТУРА

1. Де Ла Нуэс Колон, Д. Вертикальная минеральная зональность колчеданного месторождения Сан-Фернандо, Куба / Д. Де Ла Нуэс Колон // Изв. высших учебных заведений. Геология и разведка. — 2020. 63(1). — С. 30–38. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2020-63-1-30-38>.
2. Дергачев, А.Л. Эволюция вулканогенного колчеданообразования в истории Земли / Автореф. дисс. на соискание ученой степени д. г.-м. н. / А.Л. Дергачев. — М: МГУ, 2010. — 58 с.
3. Лаверов, Н.П. Рудные месторождения Кубы / Н.П. Лаверов, Ю.Ю. Бугельский, О. Васкес, И.И. Григорьев и др. — М.: Наука, 1985. — 245 с.
4. Некрасов, Е.М. Зарубежные эндогенные месторождения золота / Е.М. Некрасов. — М.: Недра, 1988. — 286 с.
5. Пушаровский, Ю.М. (ред.). Геологическая карта Кубы. Масштаб 1: 250 000 / Ю.М. Пушаровский (ред.) // Кубинская академия наук и Академия Наук СССР. — 1988.
6. Сомин, М.Л. Геология метаморфических комплексов Кубы / М.Л. Сомин, Г. Мильян. — М.: Наука, 1981. — 219 с.
7. Старостин, В.И. Геология полезных ископаемых / Учебник для высшей школы / В.И. Старостин, П.А. Игнатов. — М.: Академический Проект, 2004. ISBN 5-8291-0656-6. — 512 с.
8. Blein, O. Geochemistry of the Mabujina Complex, Central Cuba: implications on the Cuban Cretaceous arc rocks // Journal of Geology / Blein, O., et al., 2003. — V. 111. — P. 89–101.
9. Díaz de Villalvilla, L. Estudio de secuencias ígneas cretáceas en Cuba Central y su relación con la mineralización de oro. (Cu, Zn, Pb, Au и Ag) // Sistema de Clasificación de cubanas / Díaz de Villalvilla L., Santa Cruz Pacheco M., et al. — 2014. — С. 64–118. ISBN: 978-959-7117-209. CNDIG.IGP / SGC.
10. Gallardo Eupierre, E. Generalización geológica y pronóstico metalogénico de la formación Los Pasos. Final report / Gallardo Eupierre E., Rodríguez G.I. et al. — 2002. — 148 p. (In Cuba, unpublished).
11. Torres Zafra, J. Modelos Descriptivos-Genéticos de Depósitos Minerales Metálicos para el Mapa Metalogénico a Escala 1: 250 000 de La República de Cuba. Instituto de Geología y Paleontología / Torres Zafra, J., Lavaut W., Cazañas Díaz X. — Habana, Cuba, 2017. — 267 p. ISBN 978-959-7117-74-2.

© Де Ла Нуэс Колон Д., Игнатов П.А., 2020

Де Ла Нуэс Колон Дэйси // deysydelanuez2015@gmail.com
Игнатов Пётр Алексеевич // petrignatov@gmail.com

УДК 550.8 681.3

Галюк С.В., Менчинская О.В. (ФГБУ «ИМГРЭ»)

РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ПО УСЛОВИЯМ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИТОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ НА ЛАНДШАФТНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ

В статье определен перечень задач, концепция, принципы и технология районирования территории по условиям применения литохимических методов поисков. Описание иллюстрируется оригинальными фотографиями. Статья предназначена для исполнителей геолого-поисковых работ, выполняемых в масштабах 1:200 000 — 1:50 000.
Ключевые слова: оптимизация литохимических поисковых работ, благоприятные и неблагоприятные ландшафтные условия, районирование территории по условиям применения геохимических методов поисков, геоморфологический анализ.

ZONING OF TERRITORIES BY APPLICABILITY OF THE LANDSCAPE AND GEOMORPHOLOGY-BASED LITHOGEOCHEMICAL SURVEYS

Authors present a list of tasks, as well as concepts, principles and techniques relevant to zoning of territories by applicability of the mineral exploration-aimed lithogeochemical surveys. Original photos illustrate the text. Those who deal with regional to detailed geochemical surveys (scale 1: 200 000 to 1:50 000) make our potential auditory. Keywords: optimization of lithochemical surveys, favorable / unfavorable landscape conditions, regionalization of the territory by applicability of geochemical exploration, geomorphological analysis.

Ежегодно Федеральное агентство по недропользованию издает приказ о рассмотрении результатов геологоразведочных работ и предложений по включению новых объектов для воспроизводства минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых. Приказ сопровождается Временными требованиями по представлению материалов по ожидаемым результатам геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые и материалов, обосновывающих проведение геологоразведочных работ в последующий период. В пункте 2.2.1.5 (приказ от 20.08.2019) среди прочих необходимых документов для отчета и обоснования постановки геохимического поискового блока работ требуется карта районирования площади работ по условиям применения геохимических методов поисков на ландшафтно-геоморфологической основе в масштабе ведения работ.

Как правило, эта карта выполняется формально и не решает те важнейшие для геохимических методов задачи, которые на нее возложены. Это обстоятельство привело к необходимости написания настоящей статьи.

Геохимические методы при поисковых работах как самостоятельные, так и в комплексе с другими поисковыми методами могут позволить разбраковать изучаемую площадь по степени перспективности на обнаружение месторождений полезных ископаемых, чем существенно сокращают объемы дорогостоящих горных работ. Для многих районов с плохой обнаженностью коренных пород альтернативы им не существует. Но методы геохимических поисков далеко не универсальны. Одним из важнейших условий ограничения их применения являются определенные ландшафтные обстановки. Площади, полностью пригодные для литохимических поисков по гипергенным средам (литохимические потоки рассеяния и вторичные ореолы рассеяния), встречаются крайне редко. В связи с этим районирование территории по условиям ведения геохимических поисков на базе анализа ландшафтных и, прежде всего, геоморфологических факторов является основой оптимального использования этих методов.

Поиски по литохимическим потокам рассеяния и поиски по вторичным ореолам рассеяния, по своей сути и по определению, являются поиском по продук-

там разрушения высоко концентрированных рудных образований и их первичных ореолов — рудных тел месторождений. Процесс разрушения или *рассеяния*, который является основой образования потоков *рассеяния* и вторичных ореолов *рассеяния*, реализуется исключительно при эрозионном типе рельефа, обеспечивающим увеличение энтропии и сокращение дисперсности, в полном соответствии с классической равновесной термодинамикой.

Районирование территории по условиям ведения геохимических поисков проводится на всех этапах ведения геохимических работ. На каждом из них оно должно давать ответы на определенный комплекс вопросов.

При *обосновании постановки работ* аргументируется целесообразность решения поисковых задач литохимическими методами на 80 % и более изучаемой территории.

На *стадии проектирования* определяются основные и дополнительные методы поисков, оптимальная схема отбора проб, рациональный комплекс лабораторно-аналитических методов и соответственно объемы и сроки, определяющие стоимость геохимического блока ведения работ.

При проведении *полевых работ* происходит коррекция карты районирования и соответственно проектных решений на основе наблюдаемых фактов.

На *этапе интерпретации* районирование является одним из факторов оконтуривания аномалий и оценки достоверности результатов геохимических поисков. Элементы карты районирования являются составной частью итоговой карты геохимического блока поисковых работ — геохимической основы прогнозной карты.

Согласно ныне действующей Инструкции по геохимическим методам поисков рудных месторождений (М., 1983) «Принцип дифференциации геохимических ландшафтов имеет первостепенное практическое значение для районирования площадей по условиям ведения геохимических поисков. Это в первую очередь обусловлено разным рельефом местности, климатической неоднородностью и связанной с ними зональностью ландшафтов. В связи с этим методика геохимических поисков должна быть дифференцирована применительно к отдельным типам, классам, родам и видам ландшафтов».

Однако в настоящее время неукоснительное выполнение инструктивных требований в практике ведения поисковых работ весьма затруднено, так как современная организация и регламент производственных работ существенно отличаются от предписанных в Инструкции. Кроме того, согласно одному из основных поисковых принципов для достижения максимального экономического эффекта ГРП необходимо выполнение минимально-достаточного объема работ для решения задач данной стадии работ. Ландшафтно-геохимическая карта нужна не как самоцель в ее полном объеме классическо-академическом варианте, а в том минимальном, но достаточном объеме, который позволил бы определить рациональный

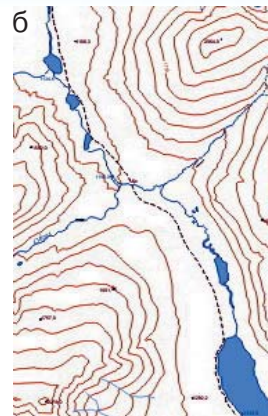
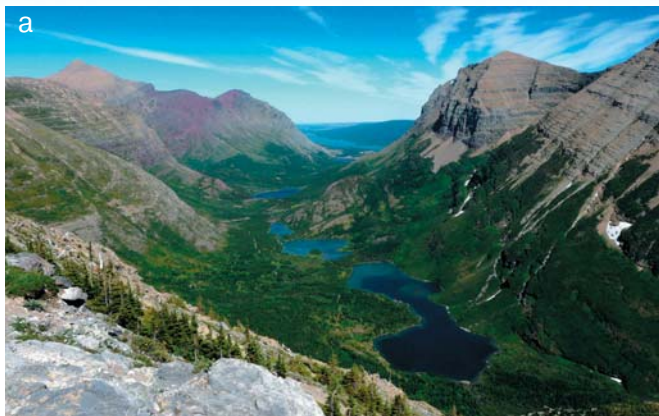


Рис. 1. Поймы троговых экзарационных долин (а — фото, б — топоплан)

поисковый комплекс методов, позволяющий решать поисковые задачи с максимальной эффективностью.

В связи с этим, основываясь на многолетней практике курирования поисковых геохимических работ, по мнению авторов в классическую ландшафтно-геохимическую карту, являющуюся основой построения карты районирования территории, целесообразно внести некоторые изменения. При литохимических поисках некоторые базовые характеристики ландшафтов носят констатационный характер и существенно не влияют на выбор метода поисков. Это касается, прежде всего, типов (растительные сообщества) и классов (классы почв) ландшафтов. Виды (генетические типы четвертичных отложений и образований) ландшафтов являются производной от рельефа.

Для квалификации родов ландшафтов (морфогенетические типы рельефа) предлагаются дискретные характеристики «квантованных» состояний рельефа, что для мелкомасштабных работ возможно и оправдано, но, как свидетельствует практика, столь грубая дифференциация недостаточна для квалифицированного ведения поисковых геохимических работ среднего и крупного масштабов (1:200 000 — 1:25 000). Необходимо более тщательный **геоморфологический анализ**. Не случайно глава «Геоморфология», а не «Ландшафты», была и остается обязательной в любом геологическом отчете по изучению недр.

Особая роль геоморфологического анализа при районировании территории привела к появлению термина «ландшафтно-геоморфологическая основа» как базового термина при составлении карты районирования территории по условиям применения геохимических методов поисков. Этот, воз-

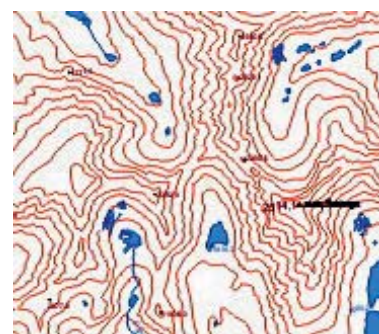


Рис. 2. Верховые озерно-болотные участки, выполненные ледниковыми, водно-ледниковыми, озерно-болотными отложениями (а — фото, б — топоплан)

можно не совсем корректный термин, тем не менее был принят при поисковых работах и вошел в ряд руководящих документов.

Геоморфологический анализ заключается в дифференциации изучаемой площади на элементарные участки с углами падения склонов в рамках заданных эмпирически подобранных градаций — для метода вторичных ореолов рассеяния и угла падения водотока — для метода потоков рассеяния. Предметом анали-

за являются изогипсы на топографической карте.

Для потоков рассеяния определяющей характеристикой является угол падения водотока, регламентирующий параметры образования потоков рассеяния. При использовании метода вторичных ореолов рассеяния важнейшим параметром является морфология склона, позволяющая судить о характере и интенсивности современных склоновых процессов, которые определяют информативность этого метода. Одним из определяющих факторов при использовании метода является крутизна склонов (угол склона определяется по направлению линии гравитации, т.е. вкrest направления изогипс). Граничные угловые параметры для обоих методов в целом совпадают. И по ним водотоки и склоны можно разделить на четыре основные группы:

- крутые ($\angle\alpha > 35^\circ$) — применение методов нецелесообразно;
- средней крутизны ($\angle\alpha = 13^\circ \sim 35^\circ$) — благоприятные условия применения литохимических поисков в полном объеме с расчетом прогнозного ресурсного потенциала геохимической аномалии;
- пологие ($\angle\alpha = 5^\circ \sim 13^\circ$) — применение литохимических методов возможно с оценкой аномальных полей на качественном уровне;
- весьма пологие ($\angle\alpha < 5^\circ$) — применение методов нецелесообразно.



Рис. 3. Речные террасированные долины, выполненные аллохтонными образованиями

Цель рационального использования любых поисковых методов — получение максимально возможного объема поисковой информации при минимально возможных затратах, обеспечивающих воспроизведение результатов опробования и максимально возможную сплюснутость будущего прогнозного поля.

При ведении поисковых работ масштаба 1: 200 000 — 1: 25 000, как правило, используются метод потоки рассеяния (как приоритетный) и вторичных остаточных ореолов рассеяния (как дополнительный). Такое положение обусловлено двумя факторами.

Информационное поле (площадь влияния) пробы по потокам рассеяния составляет $1 \sim 0,25 \text{ км}^2$, а по вторичным ореолам $0,01 \sim 0,0025 \text{ км}^2$. Следовательно, при прочих равных условиях использование метода потоков рассеяния ориентировочно на два порядка дешевле метода вторичных ореолов рассеяния. Но геоморфологические требования к площадям для постановки поисков по потокам рассеяния существенно более жесткие, нежели для поиска по вторичным ореолам рассеяния.

Итоговым документом проведенного анализа является карта районирования территории по условиям применения геохимических методов поисков на ландшафтно-геоморфологической основе.

Предлагаемая легенда карты районирования площади по условиям ведения литохимических поисков имеет следующие основные элементы:

- ландшафты группы **A** — ведение геохимических поисков нецелесообразно;

- ландшафты группы **B** — ведение геохимических поисков по потокам рассеяния:

- **B1** — с количественной интерпретацией данных,

- **B2** — с качественной интерпретацией данных;
- ландшафты группы **B** — ведение геохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния:

- **B1** — с количественной интерпретацией данных,

- **B2** — с качественной интерпретацией данных.

Ниже приводятся наиболее часто встречаемые в практике примеры геоморфологических обстановок. Фотографии иллюстрируют определенный тип рельефа, а топографические планы (карты) характерный рисунок изогипс.

К ландшафтам группы A относятся:

1. Техногенно измененные ландшафты, включая горные отводы добычных предприятий, дражные полигоны, хвостохранилища, ГОКи, участки сопряжения с железнодорожными и крупными автомобильными трассами, городские агломерации, крупные поселки, сельскохозяйственные и животноводческие комплексы и т.д.

2. Все виды аккумулятивного рельефа и его фрагменты в эрозионном рельефе — крутизна ската склонов и угла падения водотоков менее 5° . Наиболее часто встречаемыми из них являются:

- 2.1. поймы троговых экзарационных долин с транзитным аллювием и пролювием (рис. 1 а, б);

- 2.2. верховые озерно-болотные участки, выполненные ледниковыми, водно-ледниковыми, озерно-болотными отложениями (рис. 2 а, б);

- 2.3. речные террасированные долины, выполненные аллохтонными образованиями (рис. 3);

- 2.4. платообразные вершины долинного расчленения, не затронувшего водоразделы (рис. 4 а, б).

3. Привершинные участки, удаленные от водотоков более чем на 1 км (для метода потоки рассеяния), что по опыту работ является порогом потокообразования слабоэродированных объектов (рис. 5).

4. Участки с мощностью рыхлых отложений более 8 м (для метода вторичные ореолы рассеяния).

5. Участки с недоступным пробоотбором. Например, крупные курумы, перекрывающие водотоки и покрывающие склоны (рис. 6).

6. Структурно-денудационный рельеф высокогорья. Горы с весьма крутыми скальными склонами



Рис. 4. Платообразные вершины долинного расчленения, не затронувшего водоразделы (а — фото, б — топоплан)

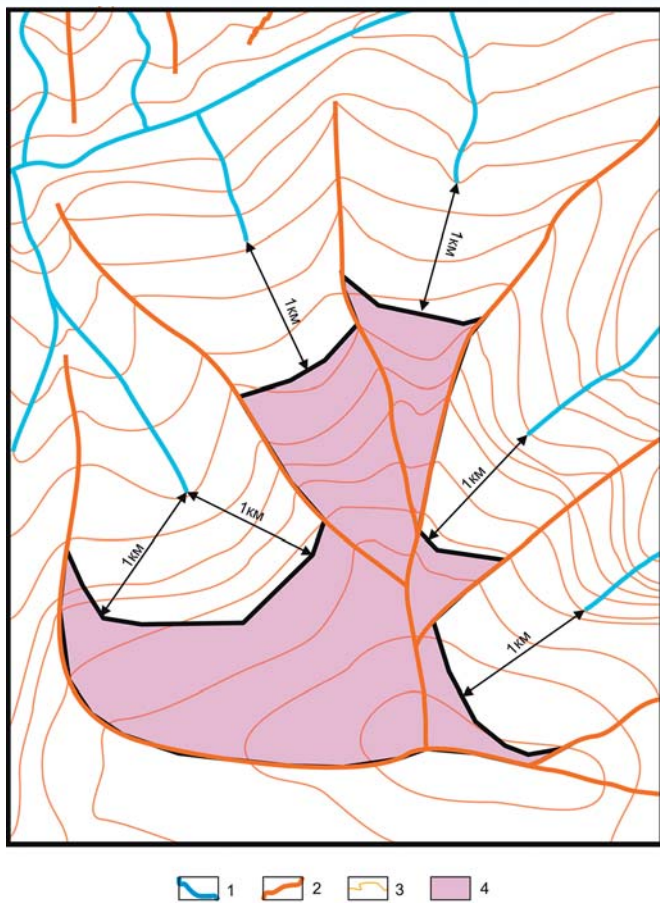


Рис. 5. Привершинные участки, удаленные от водотоков более чем на 1 км (1 — водотоки, 2 — водоразделы, 3 — изогипсы, 4 — участок, удаленный от водотоков более чем на 1 км)



Рис. 6. Крупные курумы, перекрывающие водотоки



Рис. 7. Структурно-денудационный рельеф высокогорья

(более 35°) и снежно-фирновая ландшафтная зона (рис. 7).

Ландшафты группы Б — ведение геохимических поисков по потокам рассеяния:

Подгруппа Б1

Наиболее благоприятным для метода является рельеф частого долинного расчленения с четко проявленным вектором сноса, захватывающим водоразделы. Он формируется при постоянном и долго-

временном воздымании площади и характеризуется V-образными долинами и четко проявленными линиями водораздела (рис. 8 а). На топографической карте характерной особенностью является наличие характерного тальвегового и хребтового изгиба изогипс (рис. 8 б). Интервал углов падения водотоков составляет от 35° до 12°. Поиски по потокам рассеяния ведутся в полном объеме с количественной интерпретацией данных.

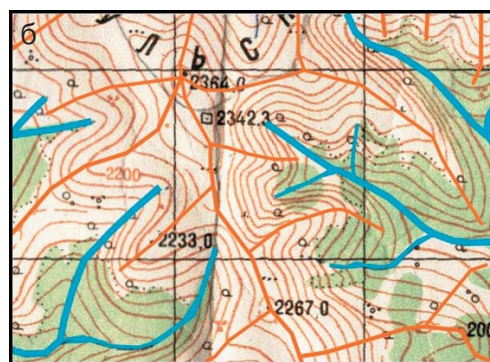


Рис. 8. Частое долинное расчленение с четко проявленным вектором сноса (а — фото, б — фрагмент топокарты)

Подгруппа Б2

Происходит выполаживание рельефа и замедление эрозионных процессов и, соответственно, процессов рассеяния, определяющих вторичное ореолообразование. Характерные интервалы углов падения водотоков 13° – 5° . Часто эта группа рельефов представлена в форме увалов — вытянутых возвышенностей с относительной высотой до 100 м с плоской или слегка выпуклой вершиной и пологими склонами без ясно выраженного подножия (рис. 9 а). На топографической карте характерной особенностью изогипс является округло-овальная их рисовка (рис. 9 б). Поиски по потокам рассеяния могут вестись только с качественной интерпретацией данных (без подсчета прогнозного ресурсного потенциала).

Ландшафты группы В — ведение геохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния:

Как уже отмечалось выше, при ведении поисковых работ масштаба 1:200 000 — 1:25 000, как правило, приоритетным методом являются потоки рассеяния ввиду их большей эффективности на единицу затрат. Однако достаточно жесткие требования к ландшафтно-геоморфологическим обстановкам для применения этого метода весьма часто приводят к возникновению существенных по площади геохимически неизученных этим методом территорий. С целью их минимизации выделяется самостоятельная группа ландшафтов, неблагоприятных для ведения поисков по методу потоков рассеяния, но возможных для опосредованного методом вторичных ореолов рассеяния. Появление таких ландшафтов связано с природным или техногенным нарушением естественного процесса потокообразования. В подавляющем большинстве случаев техногенные нарушения связаны с деятельностью дренажных полигонов или строительством различного вида путепроводов, а природные — с выпахаивающей деятельностью ледников, образующих, так называемые, троговые долины с корытообразным поперечным профилем.

К ландшафтам группы В1 с количественной интерпретацией данных относятся, как правило, борта

троговых долин и приводораздельные пространства с удалением от водотоков более чем на 1 км, что на основании большой выборки эмпирических данных может являться порогом потокообразования. Склоны имеют среднюю крутизну ($\alpha = 30^{\circ} \sim 13^{\circ}$).

Исходя из опыта работ, количественный расчет прогнозного ресурсного потенциала (Q) возможен при мощности рыхлых отложений, не превышающих 2,5–3 м.

К ландшафтам группы В2 с качественной интерпретацией данных можно отнести склоновые структуры с различного рода осложнениями или их сочетанием: а) пологие склоны ($\alpha = 12^{\circ} \sim 5^{\circ}$); б) склоны с дефлюкционными, курумо-дефлюкционными, солифлюкционными, делювиально-солифлюкционными, обвальными-осыпными отложениями; в) участки с мощностью рыхлых отложений более 3, но менее 8 м.

Особого внимания заслуживают борта троговых долин на прямолинейных участках. Как правило, они связаны с ослабленными зонами дизъюнктивных нарушений и потенциальной гидротермальной проработки. Пойменная слагающая таких долин из-за преобладания аллохтонного материала, как уже было описано ранее, из поля литохимических поисков выпадает. В этом случае помощь в получении информации о возможной минерализации склона может оказать опробование методом вторичных ореолов рассеяния вдоль подножия склона или, другими словами, «отбортовка» склона выше уровня подъема поверхностных вод.

Борта типичных троговых долин сверху переходят в более пологие, не затетые ледником участки, называемые плечами трогов. Плечи трога — это остатки склонов речных долин, ниже которых они были углублены и получили большую крутизну в результате экзарационной деятельности ледника. В результате стока дождевых или талых вод в виде тонких переплетающихся струек, густой сетью покрывающих всю поверхность склона, мелкие частицы продуктов выветривания смываются и отлагаются по склону и у подножия, где

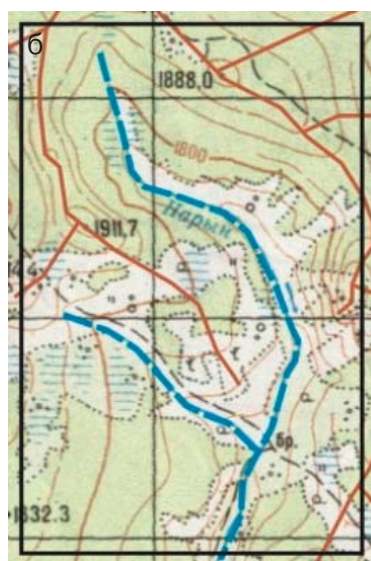
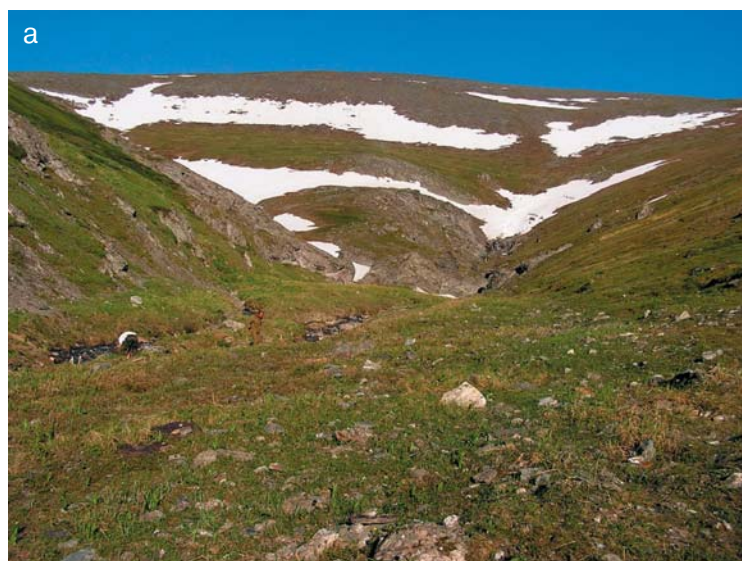


Рис. 9. Ландшафты со слабо выраженным вектором сноса — пересыхающие водотоки, ложки (а — фото, б — фрагмент топокарты)

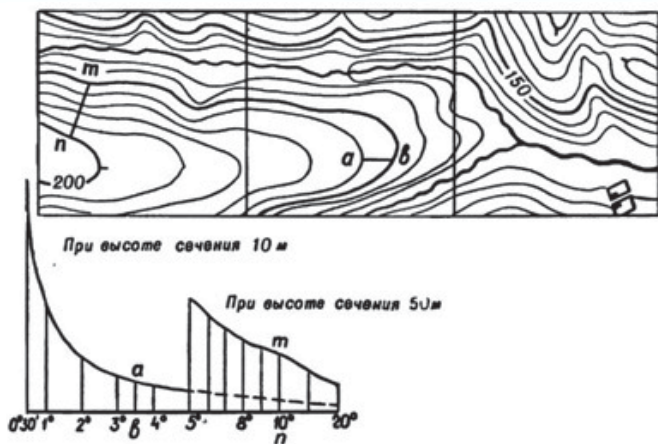


Рис. 10. Шкала заложений на топографических картах

формируется особый тип континентальных отложений — *делювий*.

Делювий чаще всего представлен суглинками или супесями. Однако состав его может меняться в широких пределах в зависимости от факторов, обуславливающих делювиальный смыв, и состава материнских пород. Делювий характеризуется отсутствием слоистости или грубой слоистостью, параллельной склону, слабой сортированностью слагающих его частиц, крупность которых, как правило, уменьшается по мере приближения к подошве склона.

Опробование площадей, выполненных ландшафтными группами «В» может осуществляться двумя вариантами метода вторичных ореолов рассеяния — собственно методом вторичных ореолов рассеяния по регулярной сети или методом отбортовки.

Метод опробования бровки плеча трога получил название отбортовки (отбортовка). Формально этот вариант опробования является модификацией метода вторичных ореолов рассеяния, а по сути — переходным методом от потоков к вторичным ореолам рассеяния.

Опробование *делювия* методом отбортовки характеризует участок с основанием 100–50 м и бортами вкрест изогипс, ограниченный сверху водоразделом.

В отдельную **группу ландшафтов** можно выделить весьма специфические ландшафты северо-запада России, где рыхлые четвертичные образования в результате активной ледниковой деятельности являются транзитными. Для этих регионов при поисках применяется тиллевый метод опробования, в данной работе не рассматривающийся.

Так как угол склона является основным фактором, обуславливающим процесс рассеяния и, соответственно, формирования вторичных ореолов, ниже приводятся два наиболее распространенных способа его измерения на топографической карте.

Расстояние между горизонталями, так называемое заложение, показывает крутизну ската. Чем ближе друг к другу на карте расположены горизонтали, тем скат круче; чем больше расстояние между ними, тем скат положе.

В настоящее время существует два способа определения крутизны ската: «дедовский» — **по шкале заложений и современный** — когда карта изогипс преобразуется в карту углов склона в программных комплексах Arc GIS.

«Дедовский» способ предназначен для сканов топографических карт. На них шкала заложений дается в виде графика, приведенного на рис. 10. Вдоль горизонтального основания шкалы подписаны цифры, означающие крутизну скатов в градусах. На перпендикулярах к основанию отложены соответствующие им заложения, концы которых соединены непрерывной кривой. Шкала заложений дается для двух высот сечений: одна — для заложений между двумя соседними горизонталями, другая — для заложений между утолщенными горизонталями.



Рис. 11. Карта изогипс: 1 — водоразделы, 2 — водотоки, 3 — изогипсы, 4 — бровка плеча трога

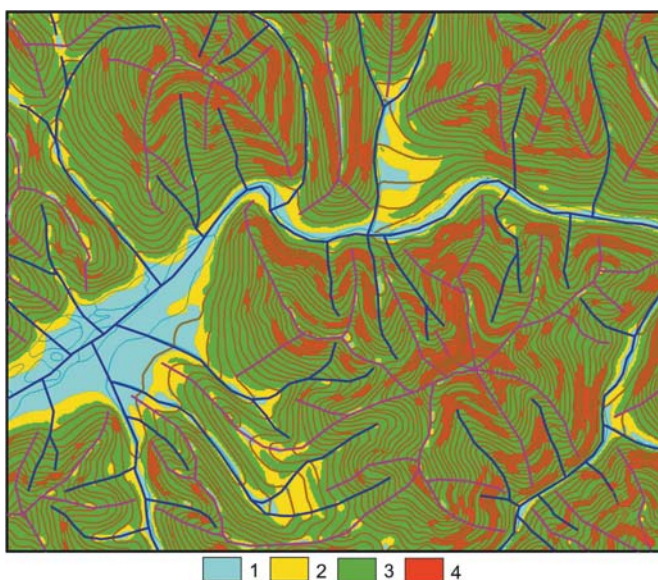


Рис. 12. Карта углов склона: 1 — <5°, 2 — 5–12°, 3 — 13–35°, 4 — >35°

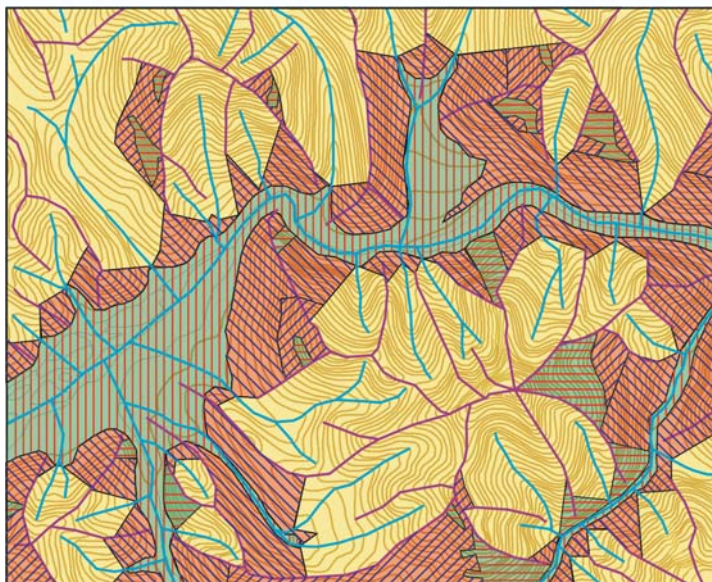


Рис. 13. Фрагмент карты районирования территории работ

Векторизованные топографические карты могут существенно ускорить и упростить процесс формирования карты районирования путем создания промежуточной карты углов склона.

На рис. 11 показан фрагмент исходной карты изогипс, а на рис. 12 представлена карта углов склона, на которой цветом выделены площади в рамках заданных параметров углов. На карте углов склона достаточно четко проявляются черновые контуры основных морфоструктур района. Площади, окрашенные в голубой и красный цвета, характеризующие аккумулятивный и высоко эрозионный рельеф соответственно относятся к ландшафтам группы А, где проведение геохимических поисков нецелесообразно. Площади, окрашенные в желтый и зеленые цвета, относятся к ландшафтам групп Б и В, позволяющим использовать методы потоков и вторичных ореолов рассеяния: желтый без подсчета прогнозного ресурсного потенциала геохимической аномалии, зеленый — с подсчетом.

Условия применения геохимических методов поисков

Ландшафтно-геоморфологические подразделения				Оптимальный метод поисков	Усл. знак	Проектируемые объемы пробоотбора
Род ландшафта		Тип ландшафта	Вид ландшафта			
Морфогенетический тип рельефа	Индекс			Усл. знак	Растительные сообщества	Характеристика рыхлых отложений
Ландшафты группы А. Геохимические поиски не применимы						
Аккумулятивный рельеф крупных транзитных рек. Днища речных долин с транзитным аллювием, пролювием крупных притоков, водноледниково-выми, озерно-болотными отложениями	A ₁		Таежные ландшафты. Смешанные темно-светлохвойные леса с преобладанием лиственницы на террасах, ивы и тополя в поймах рек	Несортированные валуны, галька, песок. Эпизодически. Мощность, по данным геофизических работ, превышает 40 метров		Площадь - 119 км ² 13 %
Высокогорный рельеф. Углы склонов превышают 35°. Эпизодически встречаются г с многолетними ледниковыми формами	A ₂		Скальные участки горных массивов с широким развитием каменных осыпей и островки низкотравных пустошных лугов	Практически отсутствуют		
Ландшафты группы Б. Метод геохимических поисков по потокам рассеяния						
Среднегорный эрозионно-денудационный рельеф. Крутосклонные V-образные эрозионные долины	Б		Горно-таежные ландшафты. Смешанные темно-светлохвойные леса	Мелко галечный материал с илесто-песчаным наполнителем	Применимы в полном объеме. Количественная интерпретация данных.	Площадь - 551 км ² 61 % Количество проб - 1 135, включая контрольные
Ландшафты группы В. Метод геохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния						
Широкие выположенные водоразделы и примыкающие к ним участки склонов, удаленные от водотоков на расстояние >1 км	B ₁		Горная тундра с мохово-лишайниковым покровом. Редкие низкорослые куртины стланика. На седловинах осоковомоховой покров с зарослями ерника	Щебнисто-глыбовый элювий с древесно-супесчаносуглинистым наполнителем	Поиски по вторичным ореолам применимы в полном объеме. Количественная интерпретация данных.	Площадь - 53 км ² 6 % Количество проб - 5 460, включая контрольные при плотности пробоотбора 100т/км ²
Борта троговых долин. Склоны средней крутизны и реже круглые со скальными коренными выходами, сформированные осыпной гравитацией в сочетании с курумово-дефлюкционным сползанием обломочного материала	B ₂		Неравномерно залесенные склоны с ягельным покровом и зарослями кедрового стланика, лиственничным редколесьем в нижних частях склонов	Мелкоглыбовые склоновые отложения. В наполнителе - супеси и суглинки. Мощность склоновых покровов составляет от 0,5 до 2,5 метров, увеличиваясь до 5 м в подножьях	Поиски по вторичным ореолам в варианте отборковки применимы в полном объеме. Количественная интерпретация данных.	

Рис. 14. Легенда к карте районирования территории работ

Несомненно, карта углов склона — это эскиз итоговой карты, требующий дальнейшей внимательной «ручной» доводки с учетом всех факторов влияния, но общий облик будущей карты представлен вполне отчетливо. Итоговым документом с дополнениями других аспектов ландшафтов является карта районирования территории по условиям применения геохимических методов поисков на ландшафтно-геоморфологической основе.

Карта районирования состоит из трех слоев: базисного, слоя с дискретными ландшафтно-геоморфологическими группами ландшафтов и итогового слоя с возможностью применения того или иного геохимического метода поисков.

В качестве базиса служит топографическая карта или карта изогипс, являющаяся предметом анализа. Существенно облегчает решение последующих задач геоморфологическая схема с выделением линии водоразделов и тальвегов водотоков, а в случае наличия троговых экзарационных долин — построение линий бровок плеча трога.

На рис. 13, 14 приведен фрагмент карты районирования с вариантом легенды, принятой для обоснования постановки работ (столбец «Прогнозируемые объемы пробоотбора» относится не к представленному фрагменту карты, а к ее полному варианту).

Таким образом, карта районирования территории по условиям применения геохимических методов является одним из основных документов геохимических поисков на каждом этапе их ведения, определяя правомочность постановки, выбор метода, объемы финансирования и и оценку достоверности полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. — М., 1983.
2. Каждан, А.Б. Методологические основы поисков и разведки полезных ископаемых / А.Б. Каждан. — М.: Недра, 1984. — 272 с.
3. Щукин, И.С. Общая геоморфология / И.С. Щукин. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1960. Т. 1. — 616 с.; 1964. — Т. 2. — 564 с.; 1974. — Т. 3. — 384 с.

© Галюк С.В., Менчинская О.В., 2020

Галюк Сергей Владимирович // svgalouk@mail.ru
Менчинская Ольга Всеволодовна // menchinskaya55@mail.ru

ГЕОФИЗИКА

УДК 55.550.370

Приходько А.Ю., Багрянский А.А. (Expert Geophysics Limited, Канада)

АЭРОЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ГЛУБИННОЕ КАРТИРОВАНИЕ

В период проведения поисковых и тестовых съемок аэроэлектроразведочная технология MobileMT, основанная на естественных электромагнитных полях, доказала свою эффективность в широком диапазоне геоэлектрических и геоморфологических условий. Результаты, представленные в данной статье, демонстрируют основные преимущества этой технологии перед другими методами и принципами измерений электрических свойств горных пород с воздуха и ее возможности в решении задач геоэлектрического картирования и поисковой геологии. **Ключевые слова:** аэрогеофизика, электроразведка, магнитотеллурика, поиски, МПИ.

Prikhodko A.Yu., Bagryanskiy A.A. (Expert Geophysics Limited, Canada)

AEROELECTROMAGNETIC DEPTH MAPPING

The exploration effectiveness of the airborne electromagnetic technology, MobileMT, based on natural fields, confirmed in a wide range of geoelectric and geomorphological conditions

during test and commercial surveys. The results presented in the paper demonstrate many advantages of the technology over other methods and principles for measuring the electrical properties of rocks from the air and its capabilities in geoelectrical mapping and exploration geology. **Keywords:** airborne geophysics, electromagnetics, magnetotellurics, mineral exploration.

Введение

Привлекательность аэроэлектромгнитных систем с целью геоэлектрического картирования и решения поисковых задач связана, прежде всего, с возможностью относительно быстрых исследований больших территорий, включая как недостаточно исследованные и труднодоступные, так и исторически известные и развитые рудные районы, но на новом технологическом уровне [3]. Вслед за требованиями горной промышленности техническое развитие аэроэлектроразведочных технологий идет в направлении увеличения глубинности исследований. В частности, частотные методы или методы гармонических полей (frequency-domain), в большинстве своем развиваемые и используемые в мировой практике в 1970–1990-х годах, обеспечивали глубинность исследований 100–150 м с некоторыми вариациями в зависимости от геоэлектрической обстановки. Активно развивающиеся в последние 20 лет аэроэлектроразведочные системы метода переходных процессов (МПП, ТЕМ или time-domain) призваны обеспечить