

ISSN 0034-026X



РАЗВЕДКА ЦЕНТР И ОХРАНА ПЕДР

ОСНОВАН В 1931 ГОДУ



4 — 2021

<http://rion-journal.com>

ГЕОФИЗИКА

УДК 550.35

Лазарев Ф.Д., Кирплюк П.В., Онищенко А.Н. (Норильский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ»)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ГДП-200

На примере обширного фактического материала, полученного в результате комплексной аэрогеофизической съемки масштаба 1:50 000, в рамках работ ГДП-200 на Рассошинской площади (Республика Саха (Якутия)), показан методический подход прогнозирования структур медно-порфирового типа, основанный на пространственной связи между развитием площадных метасоматических изменений и радиогеохимической специализацией горных пород. Представлена модель радиогеохимической зональности медно-порфировых систем, отражающаяся в тонкой структуре гамма-спектрометрических полей, на которой и основан методический подход прогнозирования. Также на фактическом материале обосновывается необходимость включения комплекса наземных геофизических и геохимических методов в практику работ при ГДП-200, позволяющих значительно повысить достоверность прогнозных выводов. **Ключевые слова:** аэрогеофизическая съемка, радиогеохимическая зональность, гранитоидный интрузив, рудно-магматическая система.

Lazarev F.D., Kirpluk P.V., Onischenko A.N. (Norilsk branch of the VSEGEI)

PREDICTION OF ORE-MAGMATIC SYSTEMS BASED ON AIRBORNE GEOPHYSICAL DATA IN THE GEOLOGICAL ADDITIONAL EXPLORATION OF AREAS-200

*The article shows a methodical approach of prediction for structures of copper-porphyry type, based on the spatial relationship between the occurrence of areal metasomatic changes and radiogeochemical specialization of the rocks, on the example of an extensive factual material obtained as a result of an integrated airborne geophysical survey at a scale of 1:50 000, as part of the Geological Additional Exploration of Areas-200 on the Rassoshinskaya area (The Sakha Republic (Yakutia)). The methodical approach of prediction bases on a model of the radiogeochemical zonality of copper-porphyry systems, which is indicated in the fine structure of gamma-spectrometric fields. On the factual material the authors substantiate the necessity of including a set of ground geophysical and geochemical methods in the practice of works in the Geological Additional Exploration of Areas-200, which allows to significantly increase the reliability of the predictive conclusions. **Keywords:** airborne geophysical survey, radiogeochemical zoning, granitoid intrusive, ore-magmatic system.*

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ФГБУ «ВСЕГЕИ») в рамках Государственной программы регионального изучения недр планомерно ведет работы



Рис. 1. Обзорная схема района работ

по дополнительному геологическому изучению ранее заснятых площадей масштаба 1:200 000 (ГДП-200), т.е. на территориях с уже имеющимися государственными геологическими картами. В состав работ ГДП-200 входит комплекс полевых исследований, включающий аэрогеофизические, геохимические, петрофизические, а при необходимости — горные и буровые работы. Всесторонне изучаются и уточняются особенности геологического строения территорий, рудных узлов и рудных полей, оцениваются их перспективы и, таким образом, создается обновленная государственная геологическая карта, которая становится основой для дальнейших поисковых работ.

Очевидно, результативность ведения дальнейших поисков твердых полезных ископаемых будет тем выше, чем выше *качество вновь создаваемой государственной геологической карты*. Практика показывает, степень информативности таких карт во многом зависит от информации, извлекаемой из материалов опережающих аэрогеофизических съемок и включаемых в основу обновляемых карт.

В отличие от собственно геологических работ аэрогеофизические съемки, выполняемые при ГДП-200, характеризуются более крупным масштабом исследования (1:50 000), широким набором регистрируемых полей, отражающих различную физическую природу, равномерностью обследования, охватывающие обширные территории. Высокоточная привязка и современная чувствительная геофизическая аппаратура обеспечивают получение детальных и качественных исходных данных, отражающих особенности геологического строения изучаемых территорий. Современное программное обеспечение и разработанные методики обработки материалов позволяют извлекать максимально полную геологическую информацию, что приводит, в конечном счете, к существенному обновлению

геологических карт, выделению новых структур и перспективных объектов. Именно поэтому современная геофизическая основа (ГФО) обладает совершенно новой и уникальной первичной геологической информацией, способствующей более глубокому и качественному изучению геологического строения территорий и объективному выделению перспективных объектов.

Норильский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», являющийся структурным подразделением института, осуществляет полный комплекс современных аэрогеофизических работ, поэтому он и принимает непосредственное участие в проведении аэрогеофизических съемок при ГДП-200. За 35 лет производственной практики коллективом филиала было обследовано более сотни объектов, расположенных в различных горно-геологических обстановках РФ. Аэрогеофизическими съемками были охвачены геологические структуры, включающие целый ряд месторождений цветных и благородных металлов, а также алмазов, в т.ч. крупных и уникальных: Олимпиадинское, Благодатное, Наталкинское, Школьное, Сухой лог, Быстринское, Култуминское, Бугдаинское, Шахтаминское, Лугоканское, Песчанка, Ак-Суг, Кингашское, Катока и др. (www.pfvsegei.com). В процессе изучения этих объектов был создан банк геофизических образов месторождений цветных и благородных металлов, используемый для повышения достоверности прогнозных выводов. Зачастую на их основе, как на эталонах, разрабатывались методические подходы геологической интерпретации и прогнозирования различных типов оруденения.

В 2018 г. в рамках ГДП-200 Норильский филиал выполнил комплексную аэрогеофизическую (магнитометрия, гамма-спектрометрия) съемку масштаба 1:50 000 на Рассошинской площади в Республике Саха (Якутия) — лист Q-55-XXIX, XXX — с целью создания современной геофизической основы (рис. 1).

Съемка выполнялась на легком вертолете Eurocopter AS350-B3, на котором были смонтированы аэрогамма-спектрометр RS-500 (RSX-4) с объемом детектора 32 л., аэромагнитометр ГТ-МАГ с частотой регистрации 100 Гц, а также внефюзеляжное устройство — «носовой стингер» — для крепления магнитометрического датчика Cs-3, радиовысотомера TRA-3500 и навигационных антенн на базе приемников «NovAtel OEMStar» (рис. 2).



Рис. 2. Размещение аэрогеофизического комплекса на вертолете Eurocopter AS350-B3

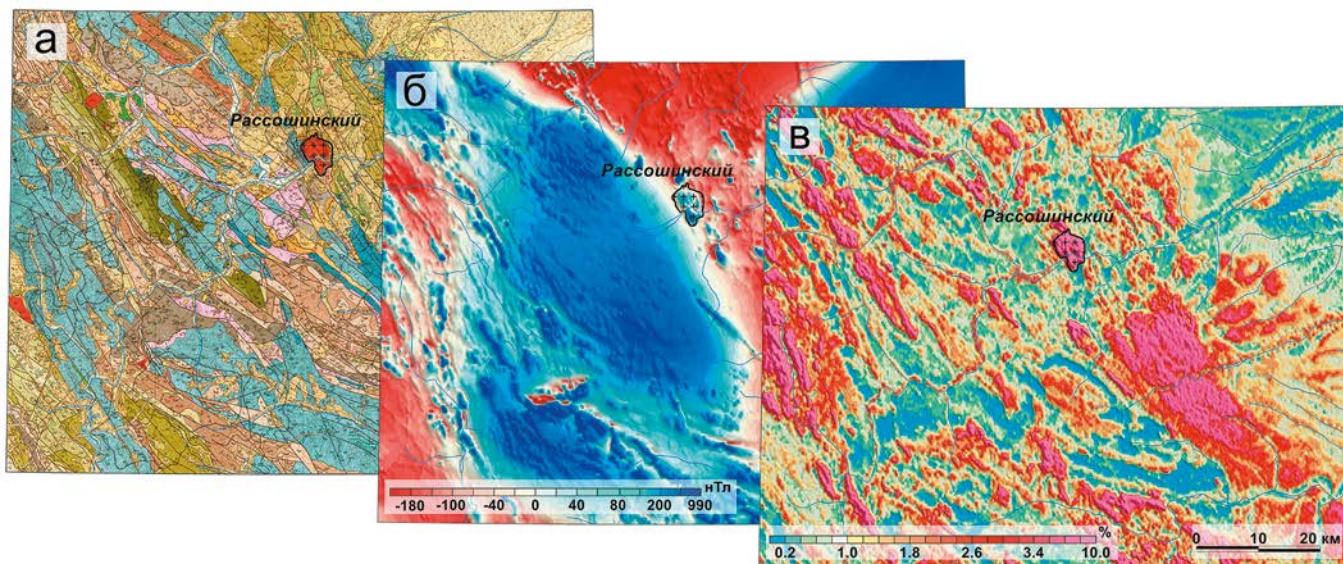


Рис. 3. Геолого-геофизические материалы на листе Q-55-XXIX, XXX: а) геологическая карта масштаба 1:200 000; б) аномальное магнитное поле; в) содержания калия

Полеты осуществлялись в дни с благоприятными погодными условиями на средней высоте 90 м с детальным огибанием рельефа. Обработка вновь полученного аэрогеофизического материала выполнена с применением программного комплекса Oasis Montaj, при этом гамма-спектрометрические данные обрабатывались по методике МАГАТЭ.

Современная аппаратура и строгое соблюдение методических приемов производства полевых и камеральных работ позволили получить геофизический материал высокого качества, в т.ч. *аномальное магнитное поле, суммарную мощность экспозиционной дозы, содержания урана, тория, калия и цифровую модель рельефа местности.* Некоторые из этих полей представлены на рис. 3. Цифровые модели всех геофизических полей построены с размерами ячеек 100 × 100 м.

В структурно-тектоническом отношении изучаемая площадь расположена на сочленении Омудевского антиклинория и Арга-Тасского аккреционного блока (Черско-Полуосненская складчатая система). Это — сложно построенная структура, характеризующаяся многоярусным строением, многообразием слагающих ее полифациальных комплексов, широким развитием чешуйчатых надвигов. Восточная часть площади перекрыта современными отложениями Зырянской впадины. В пределах площади размещаются небольшие штоки гранитоидов, наиболее крупным из которых является Рассошинский интрузив позднеюрского возраста, контрастно отражающийся в гамма-спектрометрических полях (рис. 3).

Площадь перспективна на медно-порфировое оруденение, для которого характерна достаточно четкая метасоматическая зональность [5, 6]. В 2015–2017 гг. при создании государственной геологической карты третьего поколения масштаба 1: 1 000 000 листа Q-55 (Е.Н. Тутасова, Ю.А. Маланин и др.) и

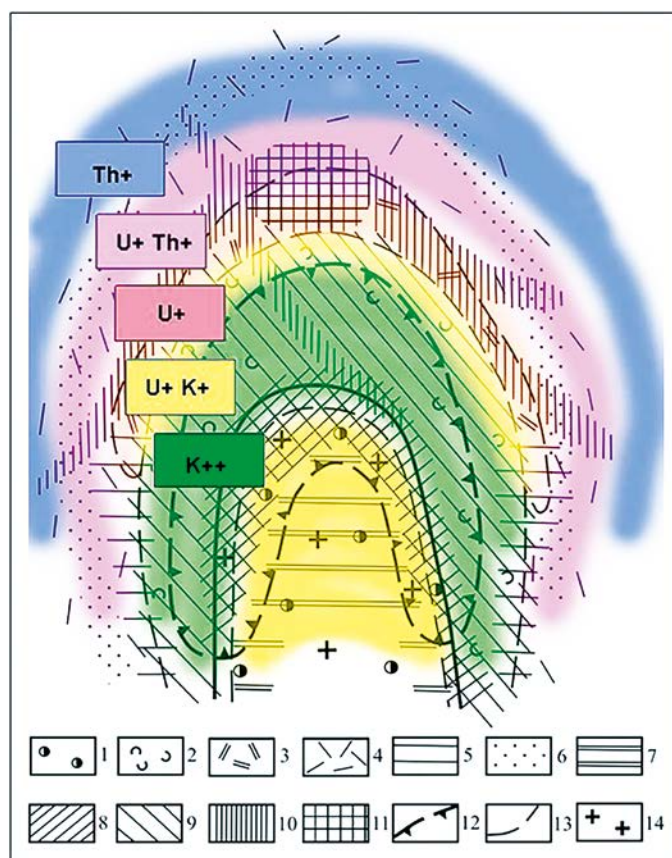


Рис. 4. Радиогеохимическая зональность медно-порфировой системы на модели рудно-метасоматической зональности: 1–4 — гидротермально-метасоматические изменения: 1 — калиево-кремниевые, 2 — окварцевание, хлоритизация, серицитизация, 3 — аргиллизация, 4 — пропилитизация; 5–11 — типы руд: 5–6 магнетит-пиритовый, 7 — молибденитовый, 8 — халькопирит-борнитовый, 9 — пирит-халькопиритовый, 10–11 — полисульфидный; 12 — контуры рудных тел, 13 — границы зон метасоматически измененных пород, 14 — рудоносный порфировый интрузив

обосновании постановки работ ГДП-200 на листе Q-55-XXXIX, XXX предполагалось наличие медно-порфировых структур в Арга-Тасской зоне Омудевского поднятия. Это послужило основанием сотрудникам Норильского филиала заострить внимание на локализации таких объектов при геологической интерпретации аэрогеофизических данных на этом листе.

В предыдущие годы специалистами Норильского филиала, в процессе аэрогеофизических съемок, в районах размещения известных медно-порфировых месторождений: Быстринское, Колтуминское, Шахтаминское, Бугдаинское (2007, 2008 г.), Ак-Суг (2010 г.), Песчанка (2011 г.) была фактически установлена прямая пространственная связь между развитием площадных метасоматических изменений и радиогеохимической специализацией пород, отражающаяся в тонкой структуре гамма-спектрометрических полей. Такая связь и легла в основу *модели радиогеохимической зональности* медно-порфировых систем (рис. 4), представленной главным геофизиком Норильского филиала П.В. Кирплюком в 2017 г. на научно-практической конференции в Москве, а затем в 2018 г. на 10 международном конгрессе в Красноярске [1, 2]. Она также обсуждалась в феврале 2020 г. в стенах

ФГБУ «ВСЕГЕИ» на конференции, посвященной вопросам повышения эффективности аэрогеофизических работ.

Практические наблюдения на медно-порфировых месторождениях показали, что в рудно-метасоматической зональности, как правило, отсутствуют сильно радиоактивные минералы, интенсивность наблюдаемых радиогеохимических аномалий в рудных полях относительно невелика, но каждая метасоматическая зона обладает характерным соотношением радиоактивных элементов. Поэтому в исходных (наблюденных) полях такая зональность не всегда обнаруживается. Для этого необходимы более чувствительные методы, наиболее распространенными из которых являются «индикаторные отношения» (Th/U, Th/K, U/K, U*K/Th). Однако к недостаткам отношений следует отнести высокую чувствительность к изменению ландшафтной обстановки и значительный уровень флюктуаций, особенно при низких значениях гамма-поля, который приводит к появлению ложных аномалий. Более устойчивы к таким помехам корреляционные методы преобразования, основанные на использовании аппарата компонентного или регрессионного анализов. Наиболее контрастно зональность

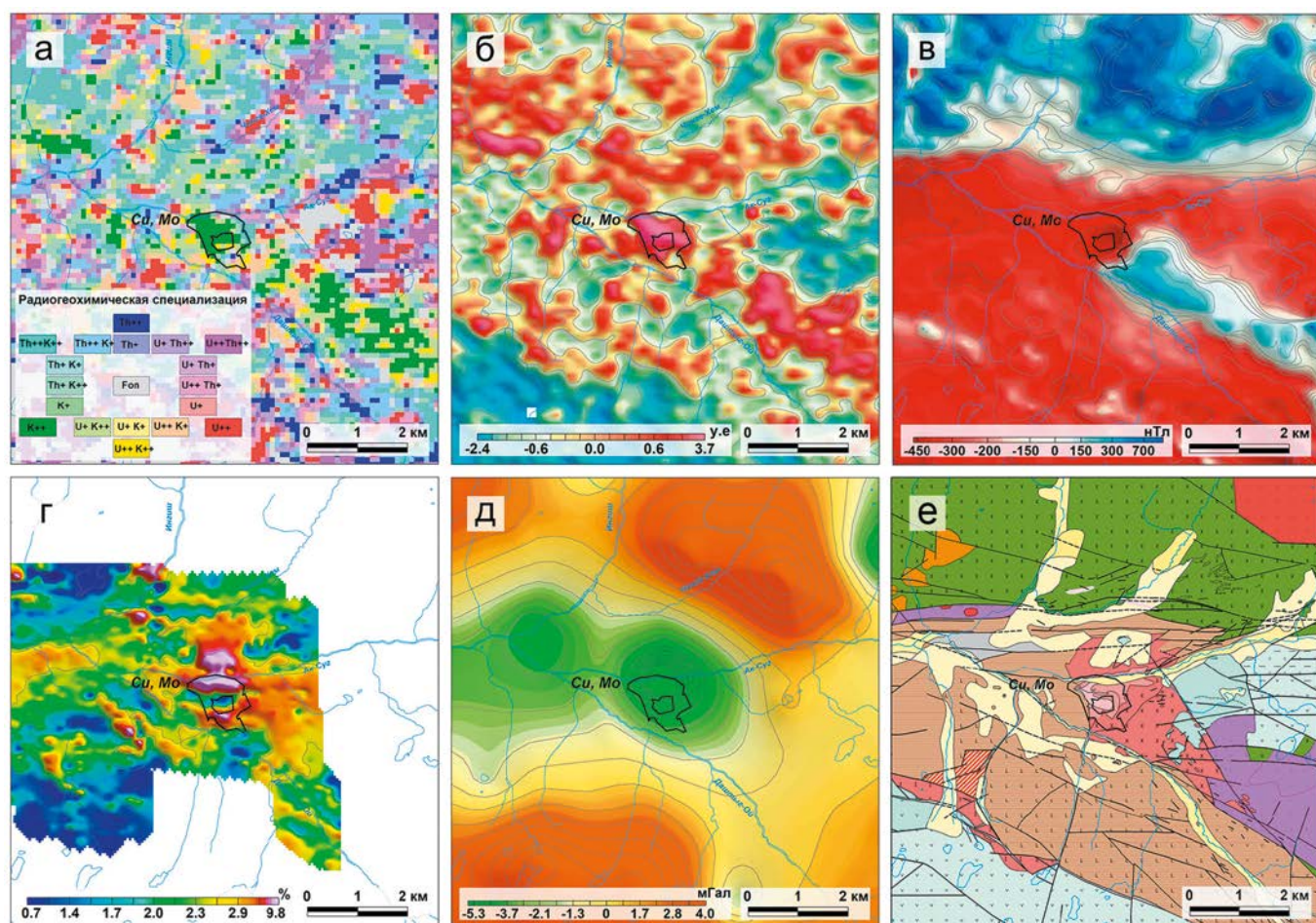


Рис. 5. Отражение медно-порфирового месторождения Ак-Суг в геофизических полях: а) радиогеохимическая зональность; б) надфоновые содержания калия; в) аномальное магнитное поле; г) кажущаяся поляризуемость; д) локальная составляющая поля силы тяжести; е) фрагмент геологической карты масштаба 1:100 000 (Глушков Ю.В.)

проявляется в гамма-эквивалентах концентраций естественных радиоактивных элементов (ЕРЭ) на основе оценки вклада каждого элемента (уран, торий, калий) в общую гамма-активность горных пород. Ее суть заключается в том, что каждый из фиксируемых радиоактивных элементов имеет свой гамма-эквивалент, то есть мощность экспозиционной дозы, образованной одной единицей содержания. Значение гамма-эквивалента соответствует мощности дозы от единицы содержания радионуклида на высоте 1 м от излучающей поверхности и зависит от условия насыщенного полупространства [7].

Сопоставление гамма-эквивалентов концентраций ЕРЭ проводится путем качественной классификации территории по уровню избытка или дефицита одного из трех элементов. Получаемая таким образом сводная радиогеохимическая карта позволяет определять радиогеохимическую специализацию горных пород, слагающих изучаемые территории.

Согласно выше представленной модели, в зависимости от эрозионного среза рудно-магматической системы будет проявлена соответствующая часть радиогеохимической зональности, по которой, при наличии других благоприятных геофизических признаков,

можно делать заключение о степени перспективности объекта. К таким важным признакам следует отнести локальное понижение гравитационного поля, свидетельствующее о наличии гранитоидного интрузива, аномальную структуру магнитного поля, отражающую плановое положение зоны измененных пород в апикальной части интрузива или его контакта с вмещающей средой. Поэтому *пространственное совпадение радиогеохимических и магнитных аномалий с локальной отрицательной аномалией поля силы тяжести может указывать на вероятность существования рудно-магматической системы*. В качестве подтверждения данного тезиса служат материалы, имеющиеся в фондах Норильского филиала по медно-порфировому месторождению Ак-Суг (рис. 5).

В процессе интерпретации аэрогеофизических материалов съемки 2018 г. на Рассошинской площади, в т.ч. сводной радиогеохимической карты, полученной по выше описанной методике, в непосредственной близости от Рассошинского интрузива была выявлена гамма-спектрометрическая аномалия с явным преобладанием калия (рис. 6-а, б).

По данным геологической карты первого поколения центральная часть этого интрузива сложена

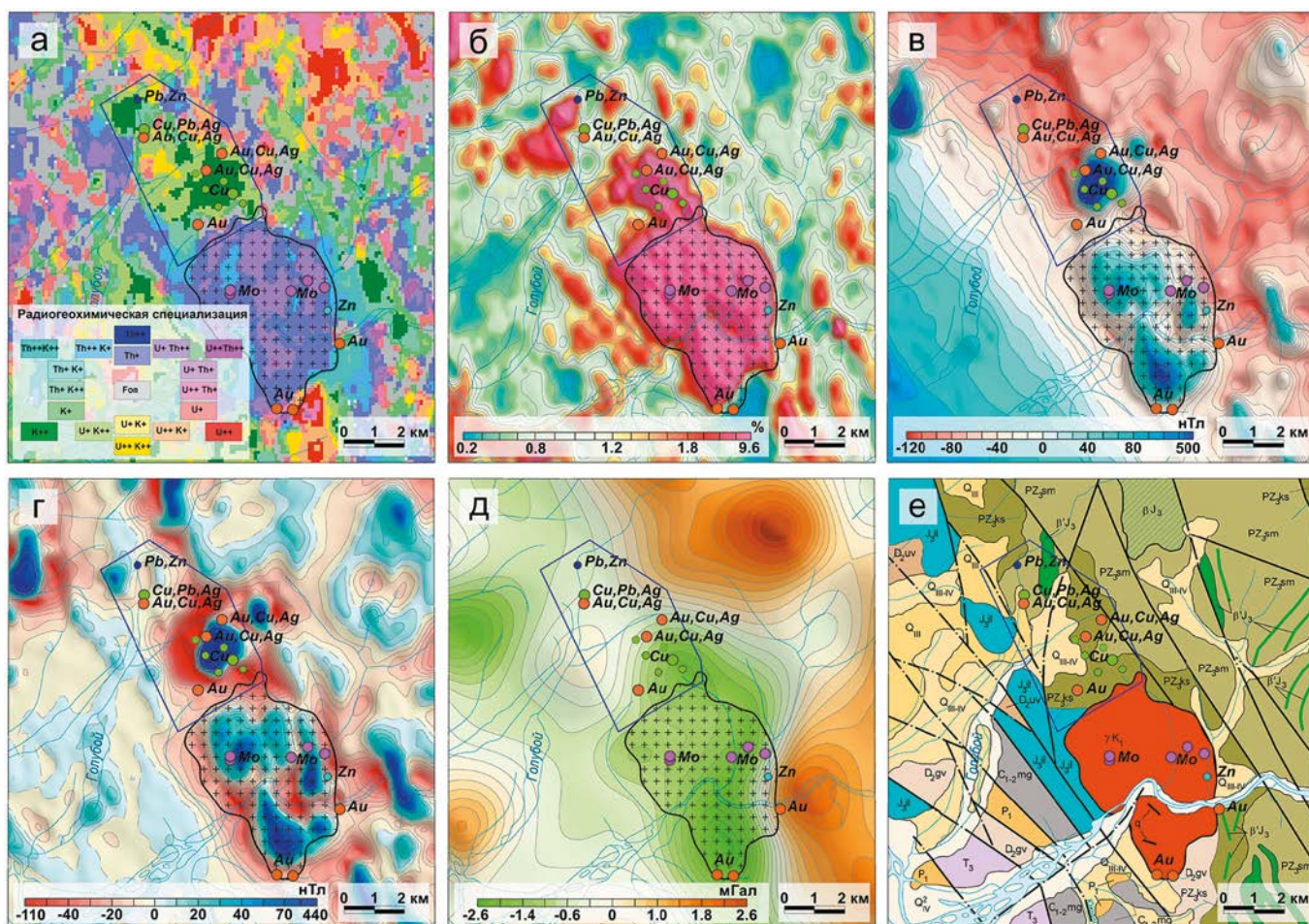


Рис. 6. Положение участка «Рассошинский» в геофизических полях: а) радиогеохимическая зональность; б) содержания калия; в) аномальное магнитное поле; г) локальная составляющая магнитного поля; д) локальная составляющая поля силы тяжести; е) фрагмент геологической карты масштаба 1:200 000

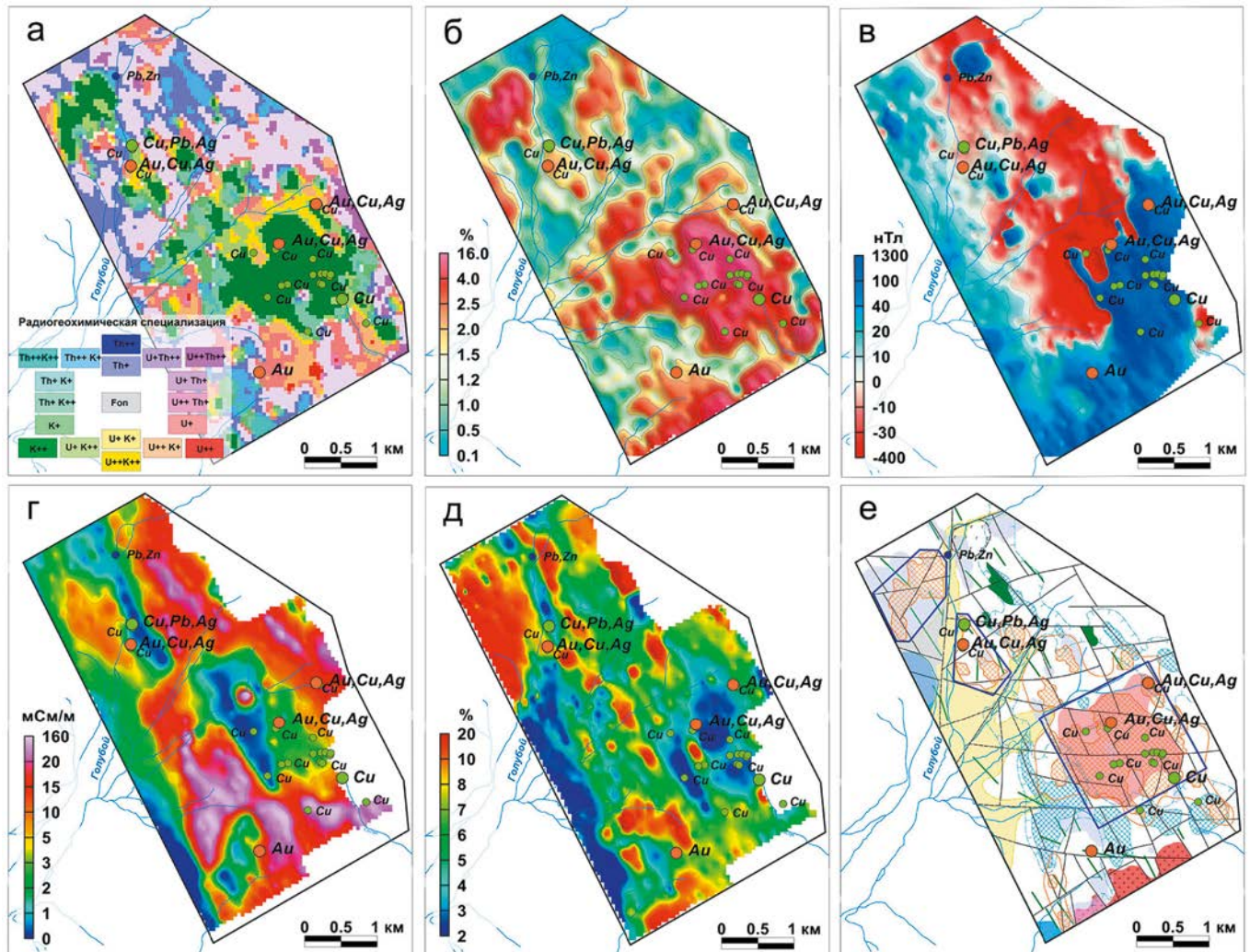


Рис. 7. Результаты наземных геофизических работ, участок «Рассошинский»: а) радиогеохимическая зональность; б) содержания калия; в) аномальное магнитное поле; г) кажущаяся удельная электрическая проводимость; д) кажущаяся поляризуемость; е) схема геологической интерпретации геофизических данных

крупно- и среднезернистыми гранитами, иногда аляскистыми, участками порфиридных, переходящих к периферии в более мелкозернистые разновидности. На экзоконтакте отмечаются зоны пиритизации, выявлены шлиховые ореолы меди и свинца (ГГК-200/1, 1987 г.). В геофизических полях интрузивов отображается высокоинтенсивная радиогеохимическая аномалия до 40 мкР/ч, уран-ториевой специализацией и локальными магнитными аномалиями разной интенсивности (рис. 6-в, г).

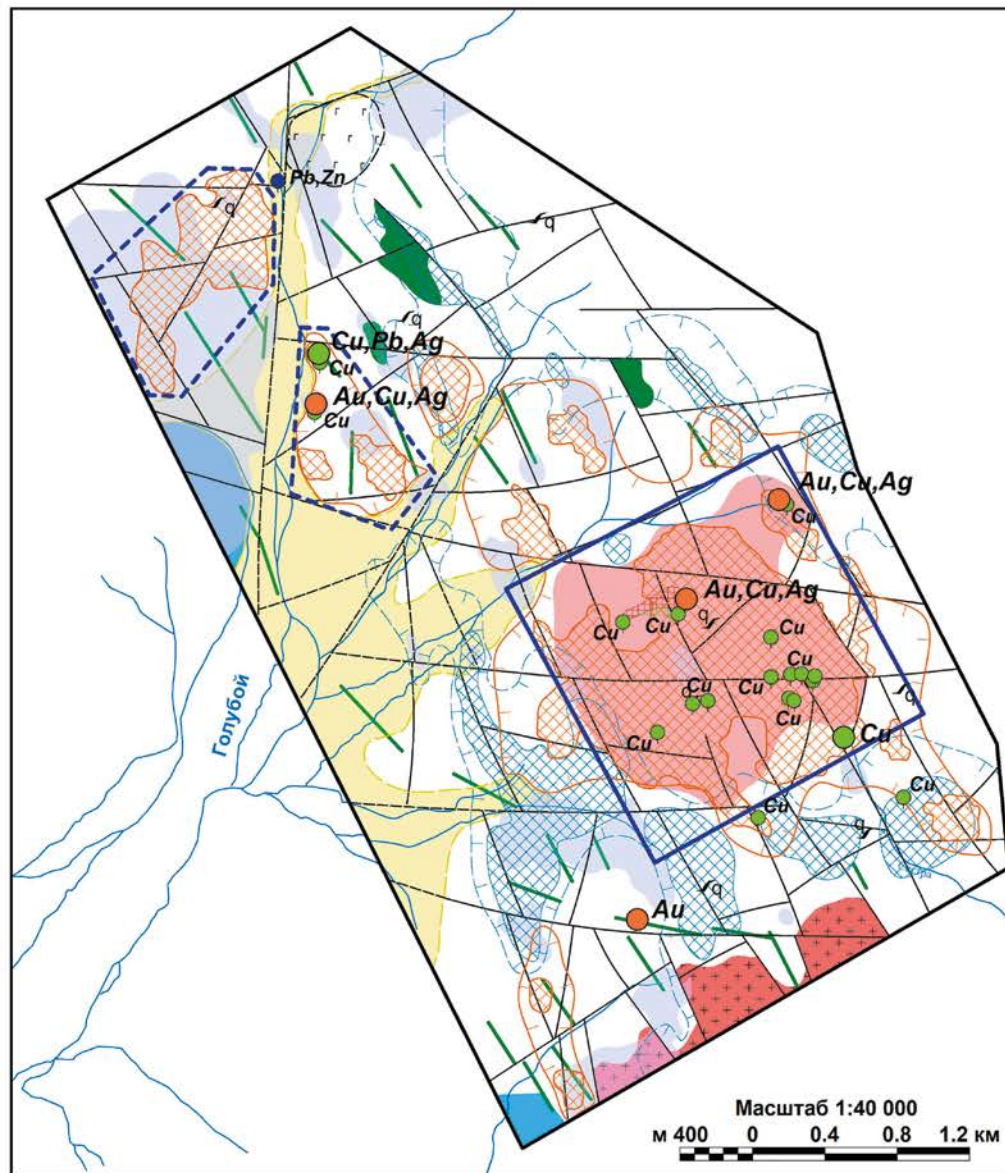
В магнитном поле калиевой аномалии соответствует слаболожительная низкоградиентная обстановка, осложненная интенсивной локальной положительной аномалией, располагающаяся всего в 1,5 км от контакта Рассошинского интрузива.

Указанные аномалии вложены в обширную отрицательную зону гравитационного поля северо-западного простирания (рис. 6-д), южная часть которой сопряжена с выходом интрузива на дневную поверхность.

Поскольку эпицентр и плановая конфигурация калиевой аномалии совпадают с локальной магнитной аномалией, то это может указывать на наличие единого

аномалеобразующего объекта — *невскрытой части Рассошинского гранитоидного интрузива, с сохранившимися контактовыми изменениями в надинтрузивной зоне.*

Сочетание выше отмеченных геофизических признаков, характерных для гидротермально-метасоматических объектов, с наличием шлиховых ореолов меди и свинца позволило сделать предположение о вероятном присутствии слабо эродированной гидротермальной рудно-магматической системы и наметить здесь участок «Рассошинский» для постановки наземных геолого-геофизических работ с целью его изучения и получения фактов, подтверждающих гипотезу. Участок расположен в пределах северо-западного фланга интрузива на контакте с верхнепалеозойскими вулканогенно-осадочными отложениями — куранахсалинской и шумнинской толщ. Первая из них представлена алевролитами, филлитовидными сланцами, песчаниками, аргиллитами и туфами базальтов, а вторая сложена толеитовыми базальтами, их туфами, филлитовидными и известковисто-глинистыми сланцами, алевролитами, песчаниками и известняками.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- Четвертичные образования
- Мелкие тела и дайки габбро-долеритов, долеритов. Локальные положительные магнитные аномалии низкой интенсивности (до 100 нТл)
- Илинътасская свита. Песчаники, преимущественно туфогенные алевролиты, глинистые сланцы. Высокоинтенсивные аномалии суммарного гамма-излучения, высокие содержания Th (до 16 г/т)
- Рассошинский комплекс. Рудогенерирующий для молибден-медно-порфирового оруденения. Биотитовые и алякитовые граниты, дайки гранит-порфиров. Высокоинтенсивные аномалии суммарного гамма-излучения, высокие содержания K (до 7 %), максимальные содержания Th (до 30 г/т)
- Надинтрузивная зона близповерхностного залегания нескрытого гранитного массива рассошинского комплекса. Рудомещающая для золота, серебра, меди и полиметаллов. Окварцованные преимущественно терригенные породы, кварциты. Дипольная высокоинтенсивная магнитная аномалия (до 1390 нТл) в поле локальной отрицательной гравитационной аномалии, площадная высокоинтенсивная аномалия логарифма модуля полного градиента магнитного поля, высокоинтенсивная площадная аномалия K (до 17 %)
- Интрузивные породы основного состава на глубине. Локальная положительная магнитная аномалия средней интенсивности (до 525 нТл)
- Метасоматиты и метасоматически измененные породы
- Пропилитизация. Уран-калиевая и калий-урановая радиогеохимическая специализация пород
- Серицитизация, окварцевание, кварциты. Существенно калиевая радиогеохимическая специализация пород
- Кварцевые жилы мощностью более 2 м
- Зоны динамометаморфизма
- Интенсивное смятие, милонитизация и расщепление. Локальные линейные высокоинтенсивные аномалии эффективной проводимости (выше 25 мСм/м)
- Повышенная трещиноватость, катаклиз. Площадные среднеинтенсивные аномалии эффективной проводимости (от 10 до 25 мСм/м)
- Тектонические нарушения
- разломы разломы под четвертичными отложениями
- Зоны окисления:
- пиритовая халькопиритовая Зоны повышенной поляризуемости (от 8 до 16 %)
- Перспективные участки:
- первой очереди второй очереди

Рис. 8. Схема геологической интерпретации геофизических данных



Рис. 9. Рудопоявление «Голубое» (т.н. NF-2019-36): рудная зона (мощностью 0,6 м) с окисленными вторичными (малахит, азурит, гидроокислы железа) и первичными (пирит, халькопирит, галенит, сфалерит) рудами прожилкового типа

Современный эрозионный срез собственно Рассошинского интрузива характеризуется уран-ториевой радиогеохимической специализацией (рис. 6-а), что согласно выше представленной модели соответствует уровню с молибденитовой минерализацией. При проведении полевых работ ФГБУ «ВСЕГЕИ» 2017–2018 гг. в его пределах действительно обнаружены проявления молибдена с содержанием до 0,2 %, а в экзоконтактной части массива видимое золото с содержанием до 105 г/т.

Предложение Норильского филиала на проведение наземных геофизических работ на «Рассошинском» участке было поддержано директором Центра прогнозно-металлогенетических исследований А.В. Молчановым и одобрено руководством ФГБУ «ВСЕГЕИ». Геологическое задание по объекту на 2019 г. дополнительно наземными геолого-геофизическими и геохимическими работами и утверждено в Федеральном агентстве по недропользованию. В результате на этом участке, площадью 20 км², выполнены *магниторазведка, электроразведка в модификации ВП-СГ*.

Полученные крупномасштабные материалы позволили уточнить особенности геологического строения

«Рассошинского» участка, необходимые для оценки его перспектив (рис. 8), сводятся к следующему:

1. Породы участка уверенно разделились на две зоны: с интенсивно проявленным динамо-метаморфизмом в восточной части и с минимально проявленным в северо-западном направлении.

2. Зона гидротермально-метасоматически измененных пород прослеживается в центральной части участка и имеет северо-западное простирание, образующее небольшой угол с общим простиранием пород.

3. Максимум гидротермально-метасоматических, в том числе и контактовых изменений фиксируется областью с максимальными значениями магнитного поля и высокими содержаниями надфоновое калия, обусловленного предполагаемым оруденением в над-интрузивной зоне нескрытого гранитного массива. Подобная зона меньшего размера и интенсивности выделяется на северо-западном окончании метасоматического ореола.

4. Установлено положение перспективных зон повышенной проводимости и поляризуемости с калиевой специализацией, с которыми может быть связано медно-порфировое оруденение. По данным гравимагнитного моделирования устанавливается контур этой апикальной части гранитного интрузива, который сопровождается калиевой аномалией аналогичной формы.

5. Присутствие медного и полиметаллического оруденения на изученном участке подтверждается выявленными здесь в ходе заверки 27 пунктами минерализации в коренном залегании. Из наиболее перспективных отобрано 12 штучных проб.

6. Рудные тела представлены кварцевыми и кварц-карбонатными жилами мощностью до 0,6 м с сульфидной минерализацией до 30 % (рис. 9). Рудные минералы в большинстве своем представлены малахитом, азуритом, халькопиритом, борнитом, ковеллином, галенитом и сфалеритом. Установлен пункт минерализации сплошных халькопиритовых руд гнездового типа в кварцевой жиле (рис. 10) в сочетании с фраг-



Рис. 10. Рудопоявление «Сюрприз»: минерализованная зона с рудным штокверком (халькопирита 25–30 %) (а) и кварцевой жилой (т.н. NF-2019-20) с минерализацией прожилково-гнездового типа (а, б)

ментом рудного штокверка (кварц-халькопиритовые прожилки в кварците).

В ходе аналитических исследований в лабораториях ФГБУ «ВСЕГЕИ» установлено, что зоны гидротермально-метасоматических изменений (пропилитизация, серицитизация, аргиллитизация) характеризуются повышенными содержаниями золота (до 3,33 г/т), серебра (до 210 г/т), меди (до 33 %), молибдена (до 116 г/т), свинца (до 4,4 %), цинка (до 1,1 %), бария (до 24,67 %). Отобраны и проанализированы пробы на золото по вторичным ореолам рассеяния, повышенные содержания которого приурочены к зонам калиевой и уран-калиевой специализации пород, где его содержания достигают 0,033 г/т.

Таким образом, в результате наземных геолого-геофизических работ, проведенных в пределах «Рассошинского» участка, зафиксировано наличие золото-медно-полиметаллического оруденения на значительной площади, составляющей порядка 2,3 км² (рудное поле). Поэтому здесь можно прогнозировать крупный объект медно-порфирирового типа, который представлен надинтрузивной зоной нескрытого гранитного интрузива рассошинского комплекса с широко проявленными контактово-метасоматическими процессами.

Прогнозируемое рудное поле в плане имеет изометричную форму с диаметром около 1500 м. По результатам моделирования верхняя кромка сильно изрезана, со средней глубиной залегания 100 м. Вертикальная мощность прогнозируемого оруденения изменяется в пределах 50–250 м. Зафиксированные геометрические параметры рудного поля позволяют прогнозировать ресурсы меди в 5 млн т, при среднем содержании 1% и золота — 100 т, при среднем содержании 2 г/т. В пределах этого рудного поля выделен перспективный участок. На нем рекомендуется оценочная стадия работ, включающая литохимическое опробование по первичным ореолам, горные работы и поисковое колонковое бурение.

Дополнительные перспективы выявленного объекта могут быть связаны с продолжением метасоматической зоны в северо-западном направлении, где выделены еще два участка меньших размеров на левом и правом берегах руч. Голубой. На правобережном участке помимо метасоматических признаков выявлено рудопоявление, представленное зоной минерализации, видимой протяженности 350 м, а на втором участке зафиксирована обширная *высокоинтенсивная аномалия вызванной поляризации*, которая, возможно, связана с рудными процессами. На этих участках рекомендуется литохимическое опробование по вторичным ореолам рассеяния.

Заключение

1. Методический подход прогнозирования гидротермально-метасоматического оруденения на основе геофизических материалов на примере «Рассошин-

ского» участка показал свою высокую поисковую эффективность. Всего через полтора года после начала аэрогеофизической съемки на Рассошинской площади были получены геологические и минералогические данные, подтверждающие наличие структуры с золото-медно-полиметаллическим оруденением. Уже сейчас имеется возможность предлагать участки для лицензирования с целью ведения крупномасштабных поисковых геологических, горных и буровых работ. Такой подход в полной мере соответствует тезису: *«От геофизических полей к рудному объекту»*.

2. Объективность геологических построений на основе интерпретации аэрогеофизических данных, при условии проведения работ квалифицированными специалистами-интерпретаторами достаточно высока, но она будет значительно выше в случае проведения комплекса *наземных геолого-геофизических и геохимических работ*, направленных на проверку и уточнение этих построений. Поэтому есть все основания утверждать, что такие исследования в обязательном порядке должны входить в комплекс работ при ГДП-200, что существенно повысит эффективность всего геологоразведочного процесса и инвестиционную привлекательность выделенных перспективных площадей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кирплюк, П.В. Радиогеохимические признаки медно-порфирирового оруденения / Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений благородных, цветных металлов и алмазов: Тез. докл. VII научно-практической конференции / П.В. Кирплюк. — М.: ЦНИГРИ, 2017. — С. 22–23.
2. Кирплюк, П.В. Радиогеохимические признаки медно-порфирирового оруденения / Цветные металлы и минералы // Золото Сибири: Тез. докл. 10 междунар. конгресса / П.В. Кирплюк. — Красноярск, 2018. — С. 1209–1210.
3. Кривцов, А.И. Медно-порфирировые месторождения / А.И. Кривцов и др. — М.: ЦНИГРИ, 2001.
4. Лазарев, Ф.Д. К вопросу выбора оптимальной высоты полета воздушного судна при производстве аэрогамма-спектрометрической съемки / Ф.Д. Лазарев, А.В. Маджара, В.К. Старостин // Разведка и охрана недр. — 2019. — № 6. — С. 19–28.
5. Петров, О.В. Прогноз размещения месторождений золото-медно-порфирирового типа в вулканоплутонических поясах восточных районов России по результатам работ составления листов Госгеолкарты-1000/3 / О.В. Петров, Е.А. Киселев, В.И. Шпикерман, Ю.П. Змиевский // Региональная геология и металлогения. — 2019. — № 80. — С. 50–73.
6. Петров, О.В. Карта закономерностей размещения золото-медно-порфирировых месторождений России масштаба 1:2 500 000 (на основе комплектов государственных геологических карт масштаба 1:1 000 000 третьего поколения) / О.В. Петров, Е.А. Киселев, А.В. Молчанов, В.В. Шатов, Т.Н. Зубова и др. // Региональная геология и металлогения. — 2020. — № 84. — С. 5–24.
7. Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data / J.-P. Nicolet, G. Erdi-Krausz. — IAEA, Vienna, Austria, 2003. — P. 173.

© Лазарев Ф.Д., Кирплюк П.В., Онищенко А.Н., 2021

Лазарев Федор Дмитриевич // lazarevfd@yandex.ru
Кирплюк Павел Валентинович // nvsegei@mail.ru
Онищенко Андрей Николаевич // nvsegei@mail.ru

