

Эффективность опережающих аэрогеофизических исследований комплексом ЭКВАТОР при поисках рудных месторождений

В.М. Керцман (МГУ им. М.И. Ломоносова), Е.В. Мойланен (ИПУ РАН), Ю.Г. Подмогов* (ООО «Геотехнологии»), И.А. Савинова (ИПУ РАН)

Введение

Опережающие аэрогеофизические исследования являются ключевым этапом в процессе перехода от стадии общих поисков к стадии детальных поисковых и поисково-оценочных работ. Их главной задачей является обоснованное выделение локальных перспективных участков, в пределах которых будут выполняться крупномасштабные наземные геолого-геофизические работы и последующие заверочные горно-буровые работы. Приводятся примеры работ в Республике Руанда (Центральная Африка) и в Забайкальском крае. Полученные результаты позволяют существенно минимизировать объемы и сроки последующих заверочных работ.

Особенности электромагнитной системы комплекса ЭКВАТОР

Комплекс ЭКВАТОР предназначен для выполнения аэрогеофизических съемок и включает в себя аэроэлектроразведочную систему ЭКВАТОР (временные и частотные зондирования), аэромагнитную систему GT-MAG (температура измерений 926 Гц), аэрогамма-спектрометр (32 л NaI (Тl); 1024 канала энергетической шкалы), систему сбора данных и высокоточной навигации NAVDAT, комплекс программ автоматической обработки аэрогеофизической информации [Moilanen et al., 2013].

Результаты аэрогеофизических исследований в Республике Руанда, 2017 г.

Аэрогеофизическая съемка масштаба 1:50 000 была выполнена на всей территории Руанды (26 тыс. кв. км). Комплекс методов включал магнитометрию, электроразведку и гамма-спектрометрию. Съемка была реализована в течение 6 месяцев. Работы выполнялись по заказу правительства Руанды с целью повышения ресурсного потенциала республики. В рамках этих исследований выделялись участки перспективные на обнаружение различных полезных ископаемых. Приведем пример.

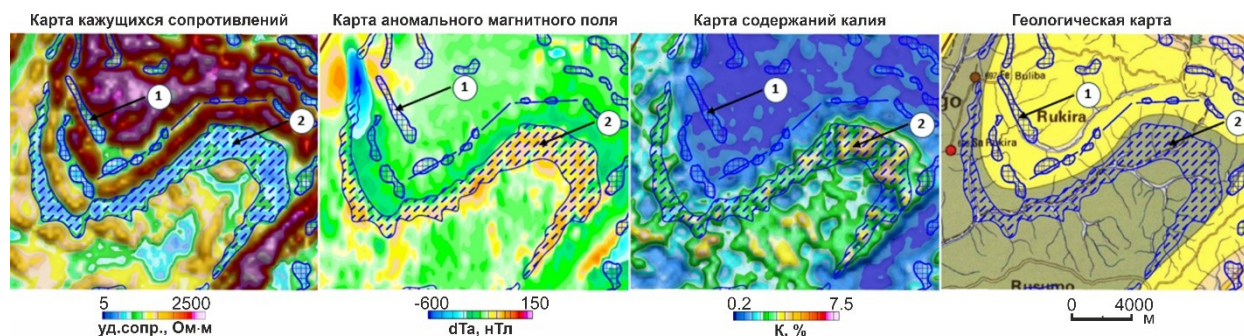


Рисунок 1. Республика Руанда Участок 5. Фрагменты геофизических полей и геологической карты.

Интерес к участку 5 (рис. 1) вызван наличием контрастных проводников среди достаточно высокоомных пород: в кварцитах (1) и метаморфизованных сланцах (2). Наличие кварцитов в пределах участка подтверждается практически нулевыми концентрациями РАЭ. Проводник в метаморфизованных сланцах (2) сопровождается магнитной аномалией интенсивностью 150–200 нТл. Наличие проводников и магнитных аномалий вероятно связано с активными процессами графитизации или сульфидизации. Здесь вероятно наличие золотоносных руд. Аналогичные

особенности геофизических полей наблюдались на золоторудном месторождении Сухой Лог [Керцман и др., 2019].

Результаты аэрогеофизических исследований в Забайкальском крае.

В качестве примера успешного использования опережающих аэрогеофизических работ комплексом ЭКВАТОР при поисках золота, приведем два участка: Кондинский и Бахтарнак [Потанин и др., 2022]. Работы на участках выполнялись по заказу компании Nord Gold.

Кондинская площадь, 2019 г.

Результаты работ на Кондинской площади (масштаб съемки 1:20 000, 750 кв.км.) показали, что известные рудопроявления Роман и Чуостах характеризуются аномалиями повышенных концентраций калия при его явном доминировании над торием (рис. 4). По результатам работ рудопроявление Роман было переведено в разряд месторождения. Был выделен ряд подобных аномалий для последующей наземной заверки. На отдельных аномалиях калиевой природы выполнен полный цикл работ оценочной и разведочной стадии. В 2022 году участок Роман прошёл экспертизу Государственной комиссии по запасам, были подтверждены 2 млн унций золота. Запасы месторождения составили 49 тонн рудного золота.

Площадь перспективных участков для дальнейшего изучения составляет только 5% от общей площади исследований

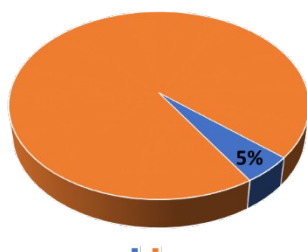


Рисунок 2. Выделение золото перспективных участков по аномальным концентрациям калия. Кондинская площадь, 2019 г.

Участок Бахтарнак, 2022 г.

На участке Бахтарнак были выполнены комплексные аэрогеофизические исследования масштаба 1:10 000 на площади около 200 км². Здесь перспективы золотоносности связываются с контрастными магнитными аномалиями и аномалии пониженных сопротивлений. На рисунке 5 представлены фрагменты геофизических карт и схема результатов их интерпретации на геологической основе. Здесь присутствуют линейные магнитные аномалии, которые соответствуют дайкам основного состава. Часть этих даек отсутствует на геологической карте. По западным контактам даек фиксируются известные рудопроявления золота (Бахтарнак 1,2) и пункты золотой минерализации. Между двумя магнитными объектами, среди карбонатных пород кембрия, в поле сопротивлений, обнаружен проводник изометричной формы. Он может быть связан с процессами карстообразования или активной сульфидизации. Обнаруженные локальные

электропроводные области в пределах развития карбонатных пород могут содержать золоторудные объекты, по аналогии с месторождениями Куронахского или Карлинского типа.

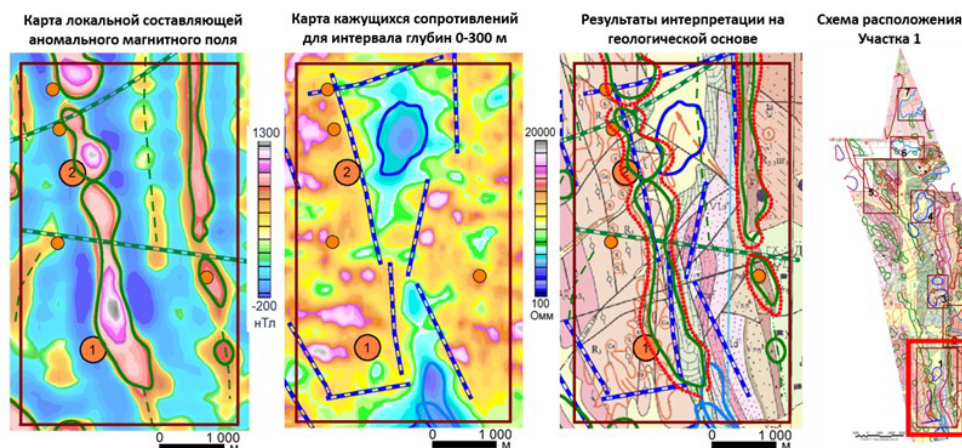


Рисунок 3. Площадь Бахтарнак. Участок 1. Локализация золото перспективных магнитных и электропроводных объектов.

Поиски эпитермальных высокосульфатных (алунитовых) месторождений золота на Камчатке в 2021 г.

В месторождениях эпитермального [Goldie, 2000] и Cu-Au порфирового типов содержится значительная доля мировых запасов золота и меди. Весьма перспективной областью для обнаружения таких месторождений является Северо-Камчатский рудный район [Белков и др., 1972]; [Калинин и др., 2019]. Данные месторождения обладают уникальными геофизическими характеристиками. Золоторудные залежи связаны со вторичными кварцитами, локализованными в вулканитах, преимущественно андезитового состава [Бортников и Толстых, 2023]. Для вторичных кварцитов характерны высокие сопротивления (особенно в области кварцевого ядра) и отсутствие намагниченных и радиоактивных объектов в верхней части разреза (ВЧР). Пример картирования вторичных кварцитов показан на рисунке 4. Карта локальной составляющей аномального магнитного поля демонстрирует отсутствие магнитных объектов в ВЧР, хотя на глубине фиксируется слепая магнитная интрузия (черный пунктир), которая может быть источником гидротерм для формирования рудосодержащих пород. На карте кажущихся сопротивлений контрастной аномалией высоких сопротивлений фиксируется перспективный золоторудный объект, связанный со вторичными кварцитами.

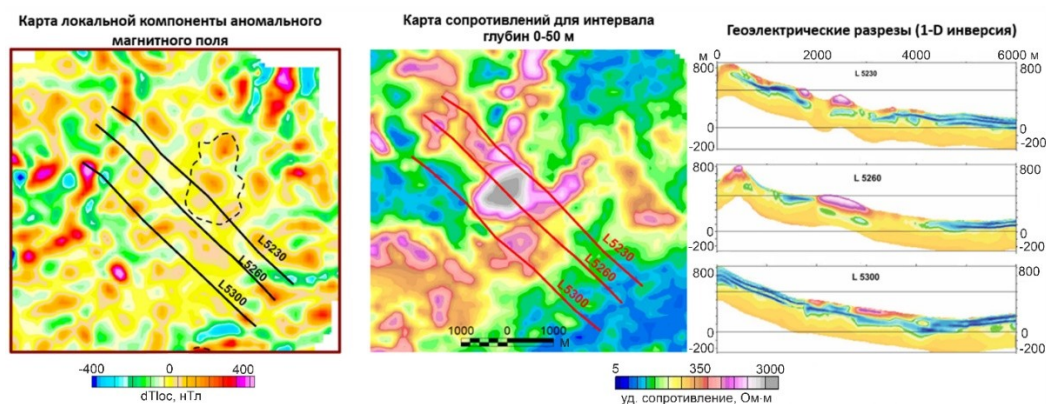


Рисунок 4. Участок Малетойвая. Геофизические признаки месторождений типа HS.

Выводы:

Аэрогеофизические исследования, по сравнению с наземной геофизикой, отличаются высокой производительностью и возможностью создавать плотные сети наблюдений на большой территории в короткие сроки.

Для аэроработ не является препятствием горный рельеф местности, наличие каменных осыпей или кедрового стланика, в самых сложных условиях обеспечиваются однородные условия и кондиции геофизических измерений.

Одновременное изучение электрических, магнитных и радиоактивных свойств среды позволяет достаточно однозначно устанавливать природу выделяемых аномальных объектов.

Опережающие аэрогеофизические съемки являются эффективным средством локализации участков для работ поисково-оценочной стадии и заметно ускоряют темпы опробования перспективных территорий.

За последние годы с системой ЭКВАТОР получены важные практические результаты по обнаружению алмазоносных кимберлитов (Ангола, 2013 г.), сульфидных и пегматитовых руд (Руанда, 2017 г.), золотоперспективных участков и месторождений (Восточная Сибирь, Камчатка, 2019-2024 гг.).

Библиография

1. Белков Е.Е., Дмитриев Е.И., Шелудченко С.Д. Геологическое строение и полезные ископаемые междуречья Энынговая-Лигинмивая (Окончательный отчет Усть-Малетоваямской партии за 1970-71 гг. М-б 1:50000. Q-P-58-126-B, Г). п. Корф, Камчатское ГУ, 1972, Камчатский филиал ФБУ «ТФГИ по ДФО» № 3478, РФГФ № 330240.
2. Бортников Н.С., Толстых Н.Д. Эпитермальные месторождения Камчатки, Россия // Геология рудных месторождений. М.: ИГЕМ РАН, - 2023, - Т. 65, - № 7, - С. 722-752.
3. Гурин Г.В. Опыт применения геофизических методов при поисках эпитермальных месторождений золота (на примере Малетоваямского золоторудного поля, Камчатка) // ЛИТОСФЕРА, – 2021. – Т. 21, № 1, – С. 116–132.
4. Калинин К.Б., Частухин А.В. Поисково-оценочные работы на флангах месторождения Малетоваям, в центральной и восточной части Малетоваямской площади в 2012 - 2018 гг. г. Петропавловск-Камчатский, ООО "Интерминерал", 2019, Камчатский филиал ФБУ «ТФГИ по ДФО» № 9219, РФГФ № 535717.
5. Керцман В.М., Мойланен Е.В., Подмогов Ю.Г. Возможности аэрогеофизики при поисках золоторудных месторождений различного типа // Геофизика, М., МОО ЕАГО, – 2019. – 4. – С. 52-59.
6. Потанин, А.С., Чварова, Н.В. Поиски и оценка рудного золота в бассейне р. Токко (Южная Якутия) // Материалы научно-практической конференции «Актуальные проблемы поисковой геологии», – 2022. – С. 18.
7. Goldie M. K. A geophysical case history of the Yanacocha gold district, northern Peru // SEG Technical Program Expanded Abstracts 2000, – 2000. – January 2000. – P. 750-753. <https://doi.org/10.1190/1.1816178>
8. Moilanen J., Karshakov E., Volkovitsky A. Time-domain helicopter EM System “Equator”: resolution, sensitivity, universality // 13th SAGA biennial and 6th International AEM conference AEM-2013. Mpumalanga. South Africa. Expanded Abstracts, – 2013. – P. 1-4.

References

1. *Belkov E.E., Dmitriev E.I., Sheludchenko S.D.* Geological structure and minerals of the Eningvayam-Liginmivayam interfluvium (Final report of the Ust-Maletoyvayam party for 1970-71. M-b 1:50,000. Q-R-58-126- In, D). Korf settlement, Kamchatka State University, 1972, Kamchatka branch of the Federal State Budgetary Institution TFGI for the Far Eastern Federal District No. 3478, RFGF No. 330240.
2. *Bortnikov N.S., Tolstykh N.D.* Epithermal deposits of Kamchatka, Russia // *Geology of ore deposits*. Moscow: IGM RAS, 2023, T. 65, No. 7, P. 722-752.
3. *Gurin G.V.* Geophysical prospecting for epithermal gold deposits (a case study from the Maletoyvayam gold ore field, Kamchatka Peninsula) // *Lithosphere (Russia)*, – 2021. – Vol. 21, No. 1, – P. 116–132.
4. *Kalinin K.B., Chastukhin A.V.* Prospecting and evaluation work on the flanks of the Maletoyvayam deposit, in the central and eastern part of the Maletoyvayam area in 2012-2018, Petropavlovsk-Kamchatsky, Interminerals LLC, 2019, Kamchatka branch of the Federal State Budgetary Institution TFGI for the Far Eastern Federal District No. 9219, RFGF No. 535717.
5. *Kertsman V.M., Moilanen E.V., Podmogov Yu.G.* The possibilities of aerogeophysics in the search for gold ore deposits of various types // *Geophysics*, Moscow, MOO EAGO, – 2019. – 4. – P. 52-59.
6. *Potinin A.S., Chvarova N.V.* Search and assessment of ore gold in the Tokko River basin (Southern Yakutia) // *Materials of the scientific and practical conference "Current Problems of Exploration Geology"*, – 2022. – P. 18.
7. *Goldie M. K.* A geophysical case history of the Yanacocha gold district, northern Peru // *SEG Technical Program Expanded Abstracts 2000*, – 2000. – January 2000. – P. 750-753. <https://doi.org/10.1190/1.1816178>
8. *Moilanen J., Karshakov E., Volkovitsky A.* Time-domain helicopter EM System “Equator”: resolution, sensitivity, universality // *13th SAGA biennial and 6th International AEM conference AEM-2013*. Mpumalanga. South Africa. Expanded Abstracts, – 2013. – P. 1-4.