УДК 550.837.6

Комплекс ЭКВАТОР. Опережающие аэрогеофизические работы при поисках рудных месторождений[1]

Юрий Геннадиевич Подмогов ✉, Евгений Владимирович Каршаков
(Москва, Российская Федерация)

Аннотация. 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 успешного использования комплекса в Республике Саха (Якутия) и в Забайкальском крае. Полученные результаты позволяют существенно повышать темпы опоискования перспективных территорий.

Ключевые слова: *аэрогеофизические технологии, аэроэлектроразведка, комплекс ЭКВАТОР*

Особенности аэрогеофизического комплекса ЭКВАТОР. Комплекс ЭКВАТОР (рис. 1) предназначен для выполнения аэрогеофизических съемок и включает в себя аэроэлектроразведочную систему ЭКВАТОР (временные и частотные зондирования), аэромагнитную систему GT-MAG (темп измерений 926 Гц), аэрогамма-спектрометр (32 л NaI(Tl), 1024 канала энергетической шкалы), систему сбора данных и высокоточной навигации NAVDAT, комплекс программ автоматической обработки аэрогеофизической информации [1, с. 2; 2, с. 53]. Главным отличием комплекса ЭКВАТОР от отечественных и зарубежных аналогов является конструкция и принципы измерений его электроразведочной системы. Именно это определяет главные конкурентные преимущества нашей системы — высокую производительность, эффективность работы на проводящих и высокоомных разрезах, кондиционные измерения в сложных горных условиях.

Поиски золота на объектах компании Nord Gold. Рассмотрим результаты поисковых работ на золото на примере Кондинской площади (рис. 2). В процессе съемки были задействованы каналы магнитометрии, электроразведки и гамма-спектрометрии. Масштабы исследований 1:20 000.

[1] © Подмогов Ю. Г., Каршаков Е. В. Текст. 2026.



Рис. 1. Состав и компоновка аэрогеофизического комплекса ЭКВАТОР
Источник: составлено авторами на основе внутренних документов ООО «Геотехнологии».



Рис. 2. Обзорная карта района работ
Источник: составлено авторами на основе внутренних документов ООО «Геотехнологии».

На рисунке 3 представлены геологическая карта и основные геофизические карты по Кондинской площади. Выбранный масштаб съемки 1:20 000 целесообразно использовать, когда необходимо изучить большую площадь для компенсации недостатков локального

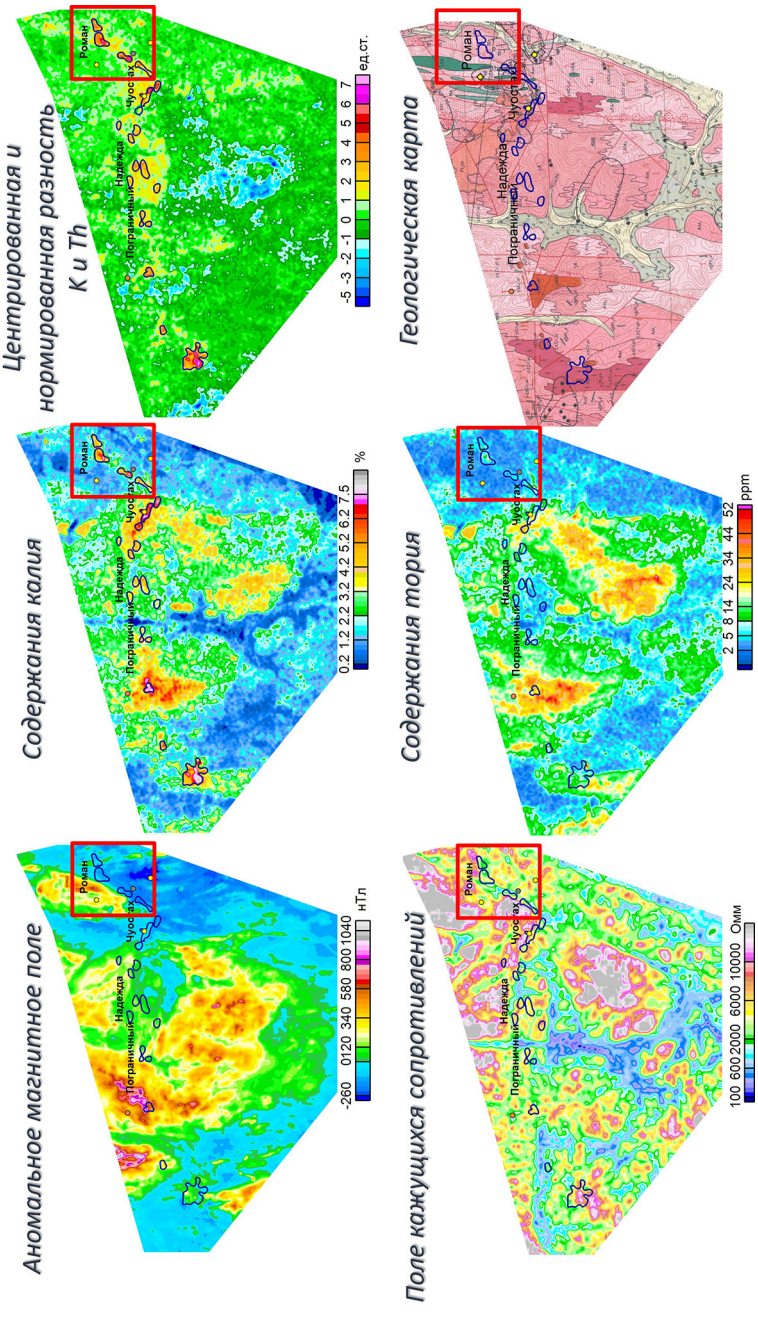


Рис. 3. Геофизические карты по результатам съемки

Источник: составлено авторами на основе внутренних документов ООО «Геотехнологии».

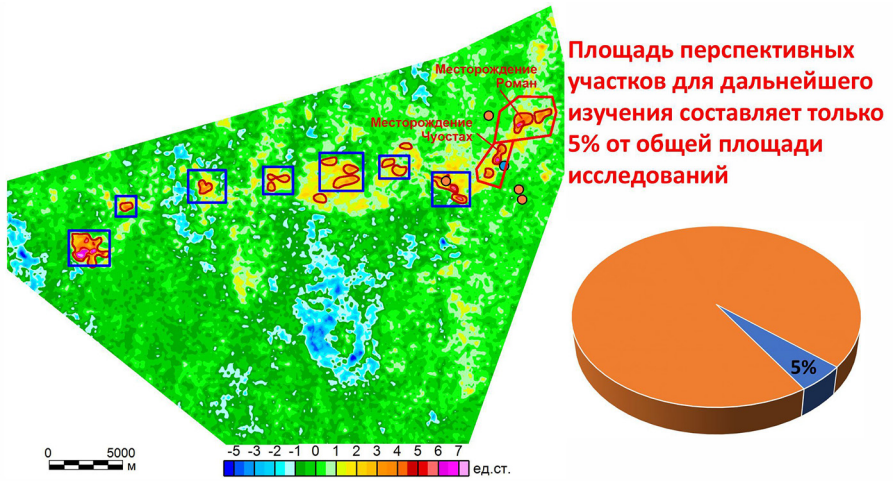


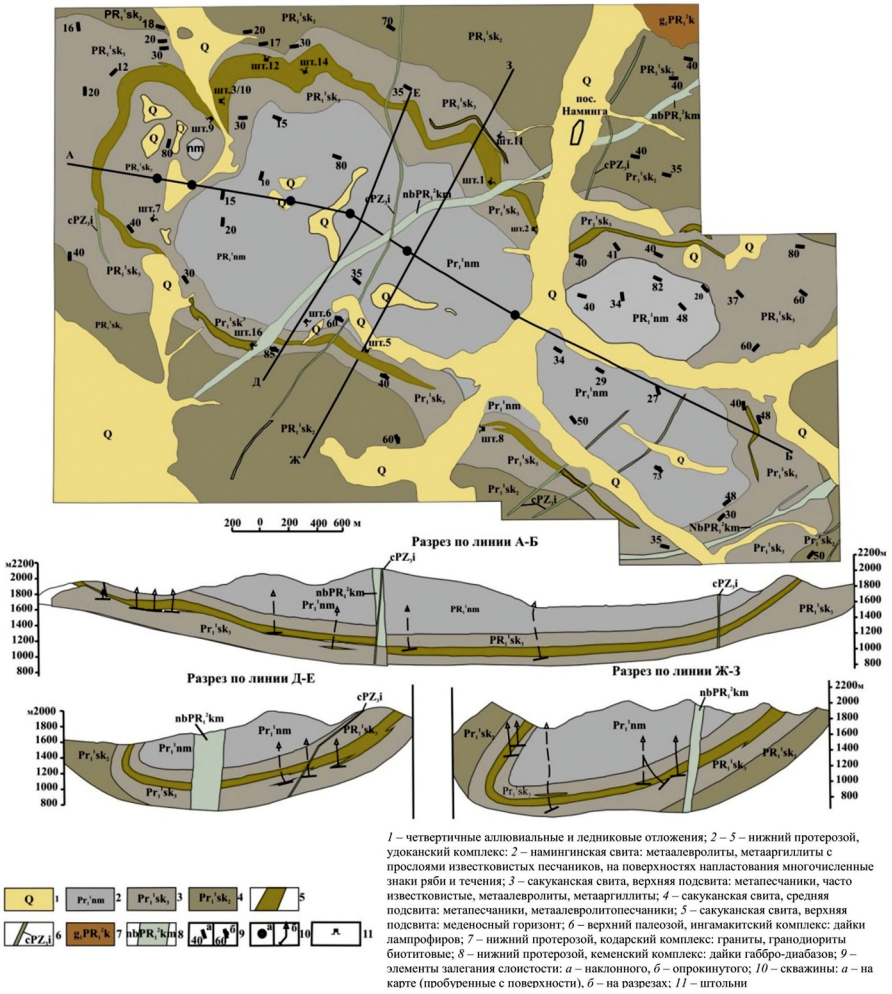
Рис. 4. Локализация золото перспективных объектов калиевой природы
Источник: составлено авторами на основе внутренних документов ООО «Геотехнологии».

прогноза. Масштаб обеспечивает непропуск перспективных рудных объектов, но требует постановки последующих площадных детализационных работ на заверочной стадии. Участок, обозначенный на рисунке 3 красным контуром, содержал известные рудопроявления золота и использовался в качестве эталонного, для выработки геофизических критериев обнаружения золоторудных объектов на исследуемой территории.

Результаты на эталоне показали, что основным признаком наличия руды являются аномалии повышенных концентраций калия при его явном доминировании над торием (рис. 4). На отдельных аномалиях калиевой природы, выполнен полный цикл работ оценочной и разведочной стадии. В конце 2022 г. в ГКЗ РФ утверждены запасы по месторождениям Роман и Чуостах в суммарном объеме 169 т золота [3, с. 18].

Поиски аналога Удоканских залежей на Икабья-Читкандинской площади. Основной геофизической характеристикой рудных залежей Удокана, отличающей их от вмещающих пород, является заметное понижение кажущихся сопротивлений меденосных песчаников (рис. 5, I и II). Удельное сопротивление меденосных песчаников по литературным источникам составляет 300—1000 Ом · м, сопротивления вмещающих пород существенно выше (3000—10000 Ом · м). Этот факт подтверждается данными АМТЗ. На рисунке 6 показана зона аномально низких сопротивлений и отрезки маршрутов, по которым приводятся

геоэлектрические разрезы по результатам 1D инверсии. На разрезах (рис. 7) хорошо фиксируются проводники с сопротивлениями 100—500 Ом · м, которые можно связывать рудными медистыми песчаниками, залегающими сложных обратных складках аналогичных месторождению Удокан.

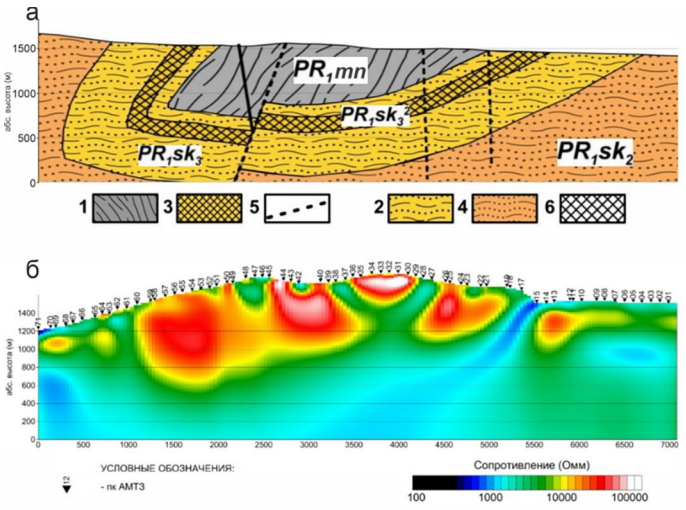


1 – четвертичные аллювиальные и ледниковые отложения; *2 – 5* – нижний протерозой, удоканский комплекс: *2* – наминингская свита: метаалевролиты, метааргиллиты с прослоями известковистых песчаников, на поверхностях напластования многочисленные знаки ряби и течения; *3* – сакуканская свита, верхняя подсвита: метапесчаники, часто известковистые, метаалевролиты, метааргиллиты; *4* – сакуканская свита, средняя подсвита: метапесчаники, метаалевролитопесчаники; *5* – сакуканская свита, верхняя подсвита: меденосный горизонт; *6* – верхний палеозой, ингамакитский комплекс: дайки лампрофиров; *7* – нижний протерозой, кодарский комплекс: граниты, гранодиориты биотитовые; *8* – нижний протерозой, кеменский комплекс: дайки габбро-диабазов; *9* – элементы залегания слоистости: *а* – наклонного, *б* – опрокинутого; *10* – скважины: *а* – на карте (пробуренные с поверхности), *б* – на разрезах; *11* – штольни

I. Геологический план и разрезы Удоканского месторождения по В. С. Чечеткину, 2002 (источник: [5, с. 88])

Окончание рис. на след. стр.

Рис. 5. Геолого-геофизическая характеристика месторождения Удокан



II. Схематический разрез (а) и геоэлектрический разрез по данным АМТЗ (б) по В. А. Куликову, 2015 (источник: [4, с. 36])

Начало рис. на пред. стр.

Рис. 5. Геолого-геофизическая характеристика месторождения Удокан

Заключение. Применение опережающих аэрогеофизических исследований комплексом ЭКВАТОР на нулевой стадии опоискования перспективных площадей позволяет:

— надежно выделять объекты, перспективные на обнаружение рудных залежей различного типа за счет комплексного изучения магнитных, электрических и радиоактивных свойств среды;

— минимизировать площади для дальнейшего изучения и объемы наземных геофизических и геологических работ поисковой стадии;

— сократить сроки перехода от поисковой стадии к стадии заверки и открытия месторождений и оптимизировать объемы горных и буровых работ;

— рационально размещать и оптимизировать объемы разведочного бурения;

— заметно сокращать сроки и повышать качество разведочных работ.

В целом опережающая съемка комплексом ЭКВАТОР заметно сокращает затраты на проведение поисковых работ и повышает темпы опоискования перспективных территорий.

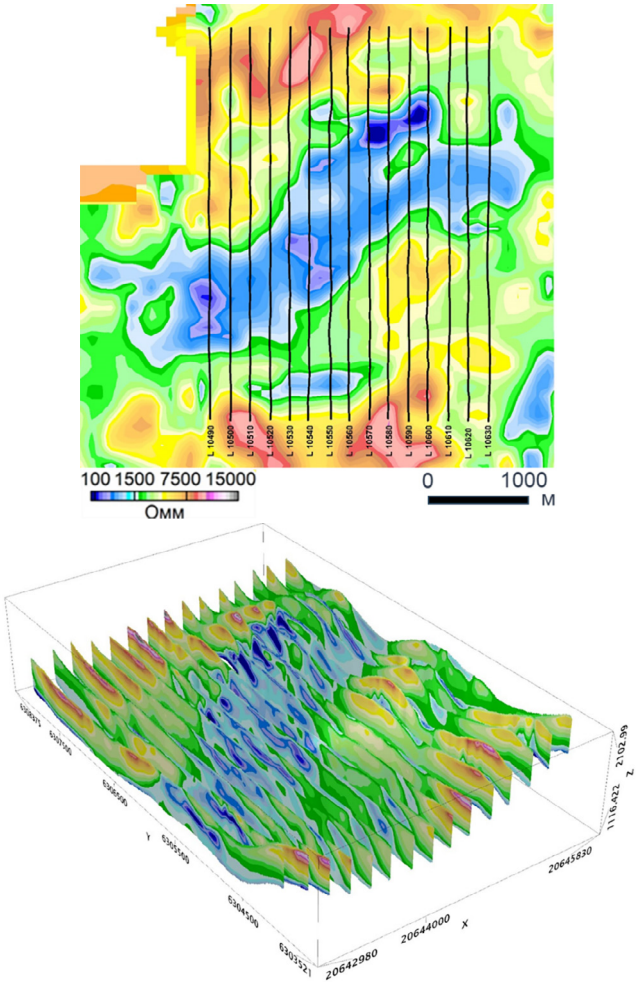


Рис. 6. Распределение удельных сопротивлений в горизонтальной плоскости и объемная модель по результатам 1-D инверсии
Источник: составлено авторами на основе внутренних документов ООО «Геотехнологии».

Список источников

1. *Moilanen J.*, *Karshakov E.*, *Volkovitsky A.* Time Domain Helicopter EM System „Equator“: Resolution, Sensitivity, Universality // Papers of the 13th SAGA Biennial and 6th International AEM Conference (Mpumalanga, South Africa, 2013), Mpumalanga, South Africa. Mpumalanga: AEM, 2013. P. 1—4.

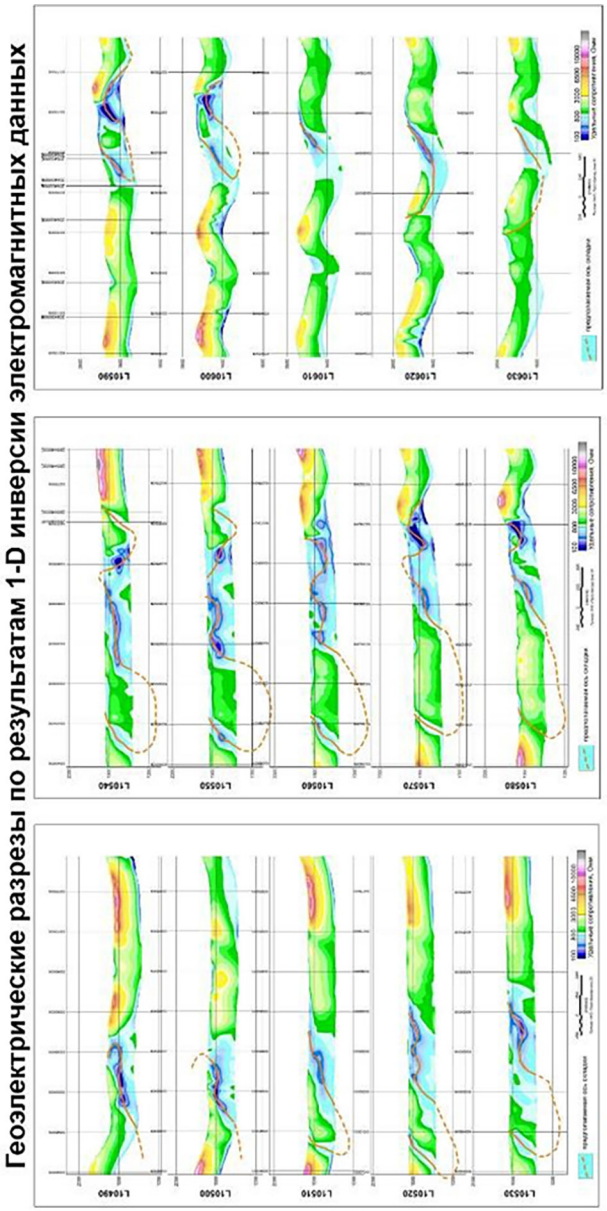


Рис. 7. Распределение удельных сопротивлений в вертикальной плоскости

Источник: составлено авторами на основе внутренних документов ООО «Геотехнологии».

2. *Керцман В. М.*, *Мойланен Е. В.*, *Подмогов Ю. Г.* Возможности аэрогеофизики при поисках золоторудных месторождений различного типа // Геофизика. 2019. Вып. 4. С. 52—59.

3. *Потанин А. С.*, *Чванова Н. В.* Поиски и оценка рудного золота в бассейне р. Токко (Южная Якутия) [23 ноября 2022] // Материалы научно-практической конференции «Актуальные проблемы поисковой геологии», Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья, 22—24 ноября 2022, https://geowebinar.com/vims-conference-2022-geology (онлайн). С. 1—18. Электронный документ. [ПотанинАС.pdf] https://clck.ru/3ShQYQ

4. *Куликов В. А.* Электроразведочные технологии на этапах поиска и оценки рудных месторождений : специальность 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Москва, 2015. 22 с. С. 46. EDN ZPWBUV.

5. *Секисов А. Г.*, *Лавров А. Ю.*, *Зыков Н. В.* Обоснование целесообразности комбинированной разработки удоканского месторождения // Рациональное освоение недр. 2013. № 3-4. С. 86-92.

Информация об авторах

Подмогов Юрий Геннадиевич — главный геофизик, ООО «Геотехнологии» (e-mail: podmogov@geotechnologies.ru).

Каршаков Евгений Владимирович — доктор технических наук, заведующий лабораторией, Институт проблем управления РАН (г. Москва); SPIN-код в РИНЦ 7503-2834, https://orcid.org/0000-0002-3208-8866 (e-mail: karshakov@ipu.ru).