

РУБРИКА: ИНЖЕНЕРНАЯ И РУДНАЯ ГЕОФИЗИКА

Опережающие аэрогеофизические исследования комплексом «Экватор» при поисках вольфрамовых руд

Ю. Г. Подмогов (ООО «Геотехнологии»), И. А. Савинова (ИПУ РАН),
Е. Ю. Воргачева (ФГБУ «ВИМС»)

В пределах Джоантанджинского рудного узла (Якутия) проведены опережающие аэрогеофизические исследования масштаба 1 : 10 000 комплексом «Экватор». Была изучена известная отрицательно намагниченная интрузия гранодиоритов. Выявлены ранее неизвестные положительно намагниченные потенциально рудоносные интрузии гранодиоритов в пределах Барикчакского и Дугинского рудных полей. В непосредственной близости от этих интрузий на геоэлектрических разрезах по результатам 1D-инверсии электромагнитных данных зафиксированы стратиформные проводники ($R_k < 200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$), которые могут быть связаны с сульфидной минерализацией рудного характера. По результатам комплексной интерпретации всей геолого-геофизической информации выделены прогнозные области вольфрамового оруденения (три в Джоантанджинском, одна в Барикчакском и две в Дугинском полях). Для их дальнейшего изучения рекомендованы профильные геофизические исследования в составе магнитометрии и электрических зондирований МПП или CS-AMT.

Ключевые слова: аэрогеофизические исследования, комплекс «Экватор», частотные и временные электромагнитные данные, геоэлектрические разрезы.

Airborne geophysical survey with EQUATOR system for tungsten targets

Y. G. Podmogov (Geotechnologies LLC), I. A. Savinova (ICS RAS),
E. Yu. Vorgacheva (FSBI VIMS)

Airborne geophysical survey with 100 m between lines was carried out within the Djoantandzhin ore cluster (Yakutia) using the EQUATOR. The known negatively magnetized granodiorite intrusion was investigated. New positively magnetized, potentially ore-bearing granodiorite intrusions were identified within the Barikchak and Dugin ore fields. Stratiform conductors (resistivity $< 200 \text{ }\Omega \cdot \text{m}$) were recorded on geoelectric sections based on 1D inversion of EM data in the immediate vicinity of these intrusions. We connect this fact with sulfide mineralization of an ore-bearing nature. Target areas for tungsten mineralization were delineated (three in the Djoantandzhin cluster, one in the Barikchak field, and two in the Dugin field) as a result of an integrated geological and geophysical interpretation. For further study, profile ground geophysical surveys comprising magnetometry and electrical sounding (time-domain or CS-AMT) are recommended.

Keywords: airborne geophysical surveys, EQUATOR, frequency-domain, time-domain, geoelectric sections.

Введение

Опережающие аэрогеофизические исследования являются ключевым этапом в процессе перехода от стадии общих поисков к стадии детальных поисковых и поисково-оценочных работ. Комплексные аэрогеофизические исследования масштаба 1:10 000 в пределах Джоантанджинского рудного узла (Республика Саха (Якутия)) были выполнены с целью локализации рудных зон и тел комплексного вольфрамового оруденения стратиформного и жильно-штокверкового геолого-промышленных типов (рис. 1). Работы проводились аэрогеофизическим комплексом «Экватор».

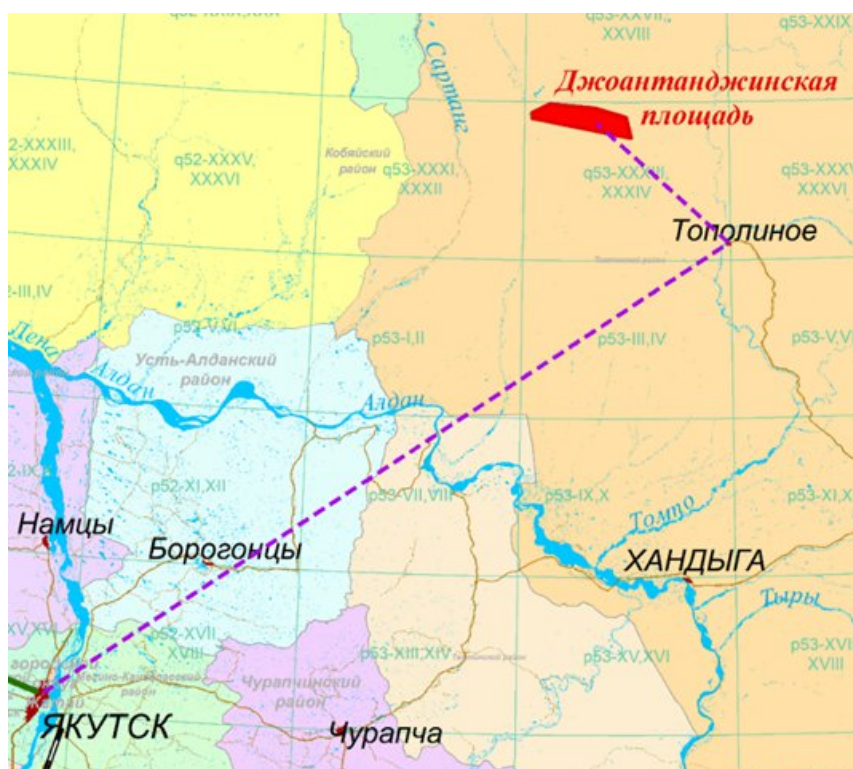


Рисунок 1. Обзорная карта района работ

Компоновка аэрогеофизического комплекса

В качестве регистрирующей аппаратуры для выполнения съемки использован аэрогеофизический комплекс «Экватор», включающий в себя аэромагнитометр «ГТ-МАГ» (ООО «Геотехнологии») с датчиком Scintrex CS-3 (Канада), аэроэлектроразведочную систему «Экватор» (ООО «Геотехнологии»), работающую одновременно во временной (метод переходных процессов (МПП)) и в частотной областях (многочастотное дипольное индуктивное профилирование (ДИП)), гамма-спектрометр McPhar (Канада) (NaI(Tl) сцинтиллятор общим объемом 32 л) [3, 4].

Результаты аэрогеофизических исследований по Джоантанджинской площади, 2025 г.

Комплексная интерпретация и анализ всех имеющихся геолого-геофизических данных [1, 2] позволили сформулировать геофизические критерии локализации зон вольфрамового оруденения:

1. Наличие магнитоактивных слепых интрузий гранитоидов, являющихся источниками рудоносных флюидов.
2. Наличие в верхней части разреза зон интенсивной сульфидной минерализации, имеющих аномально низкие удельные сопротивления, что связано с их гидротермальной переработкой рудоносными флюидами.
3. Пространственная связь магнитоактивных объектов (слепые интрузии гранитоидов) с приповерхностными зонами аномально низких сопротивлений (области сульфидной минерализации).
4. Пространственная связь магнитоактивных объектов (слепые интрузии гранитоидов) с приповерхностными зонами повышенных концентраций калия, тория и урана (области приближения рудоносных интрузий к дневной поверхности).

Выделенный в результате работ отрицательно намагниченный объект идеально совпадает с известной интрузией гранодиоритов мелового возраста в Джоантанджинском рудном поле. Положительно намагниченные объекты выделены в пределах Барикчакского и Дугинского вольфрамоворудных полей, там, где интрузии на геологической карте отсутствуют.

На площади уверенно картируются зоны аномально низких сопротивлений ($R_k < 200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$), предположительно соответствующие зонам сульфидной минерализации.

Эти зоны аномально низких сопротивлений пространственно связаны с магнитоактивными объектами: концентрически располагаются относительно контуров интрузий гранодиоритов и находятся в области их приконтактных изменений.

Отрицательно намагниченная интрузия гранодиоритов на западе сопровождается повышением концентраций калия, тория и урана. Для положительно намагниченных интрузий гранодиоритов характерны повышения концентраций только калия.

Таким образом, сопоставление аномальных особенностей зарегистрированных геофизических полей с априорной геологической информацией позволяет предположить, что рудные залежи

вольфрамовых руд должны находиться на периферии интрузивных массивов и сопровождаться аномалиями пониженных сопротивлений. Для уточнения типа возможного оруденения и его локализации не только в плане, но и по глубине по всем линиям наблюдений с кондиционной высотой измерений была выполнена 1D-инверсия как частотных, так и временных электромагнитных данных системы «Экватор» и построены геоэлектрические разрезы. Схема интерпретации геоэлектрических разрезов с целью формирования областей прогноза вольфрамового оруденения показана на рисунке 2.

Геоэлектрические разрезы Карта сопротивлений для интервала 0–300 м

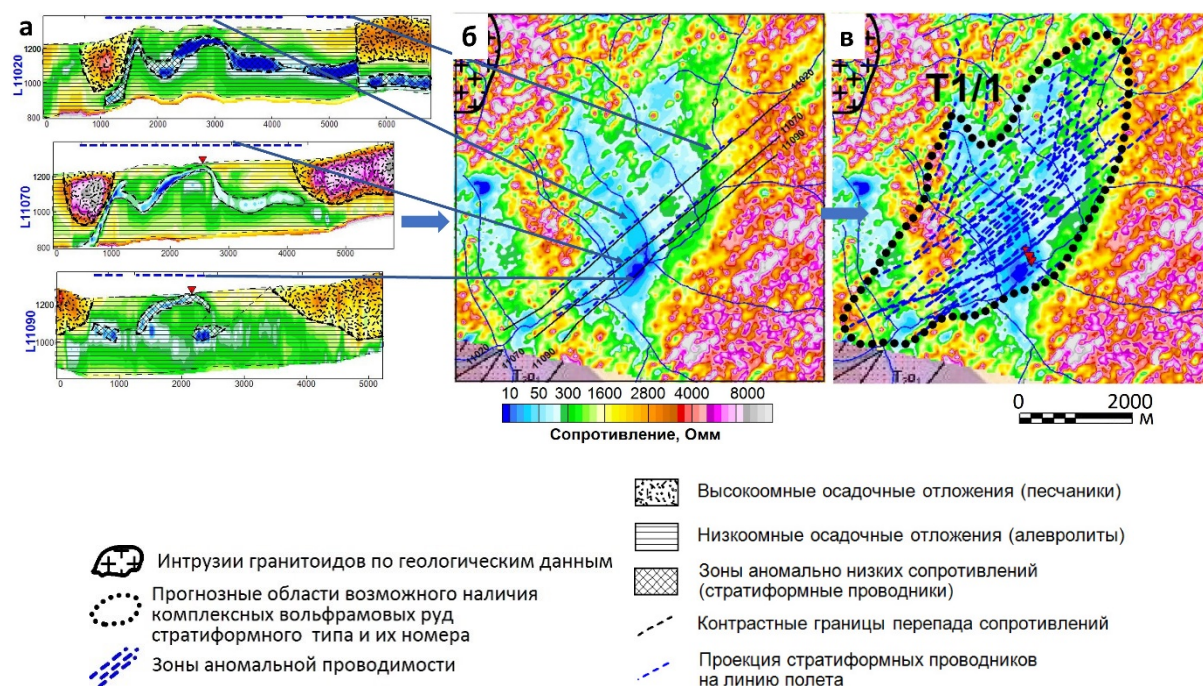


Рисунок 2. Схема формирования областей прогноза вольфрамового оруденения с использованием геоэлектрических разрезов

Первоначально на разрезах выделялись области с контрастными сопротивлениями. Особое внимание уделялось зонам минимальных сопротивлений, которые на большинстве разрезов выглядели как стратиформные проводники. Проекции таких проводников выносились на линии разрезов (рис. 2а) и карту сопротивлений (рис. 2б). Совокупность таких проекций на карте сопротивлений по всем линиям с кондиционной высотой полета определяли перспективную прогнозную область (рис. 2в). Сформированные таким образом прогнозные области для каждого рудного роля показаны на рисунке 3. В районе Джоантанджинского вольфрамоворудного поля выделяются три прогнозные области возможного присутствия вольфрамовых руд стратиформного типа (Т1/1, Т1/2 и Т1/3). В пределах Барикчакского вольфрамоворудного поля выделяется одна прогнозная область, а в пределах Дугинского поля — две. На этих рисунках также показаны линии профилей, по которым мы

рекомендуем выполнить наземные геофизические работы, используя магнитометрию и электрические зондирования (МПП, электротомография или CS-AMT).

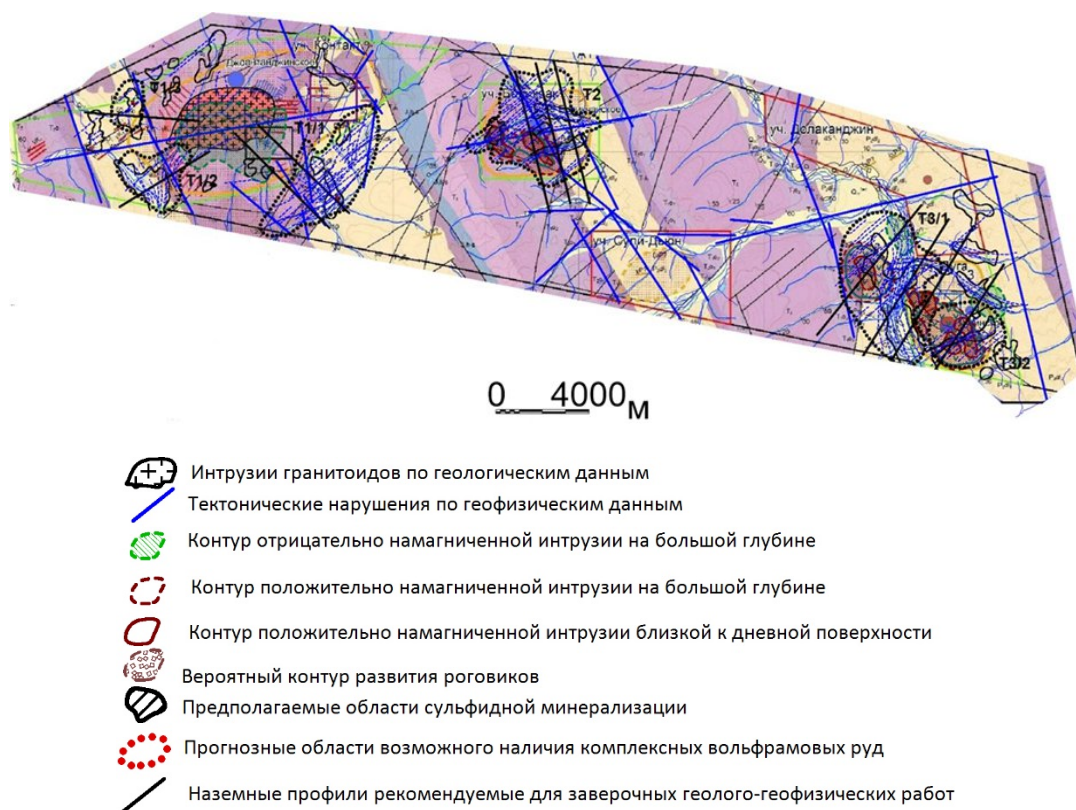


Рисунок 3. Схема результатов геофизических работ на геологической основе

Пример геоэлектрических разрезов через выделенные прогнозные области приведен на рисунке 4.

Выводы

Применение опережающих аэрогеофизических исследований комплексом «Экватор» на Джоантанджинской площади позволило:

1. Определить пространственное положение слепых потенциально рудоносных интрузий, которые отсутствовали на существующей геологической основе.
2. Выявить области аномально низких сопротивлений, потенциально связанные с зонами развития вольфрамовых руд стратиформного типа.
3. Рекомендовать для последующего изучения геофизических аномалий ограниченный объем наземных геофизических исследований в профильном варианте.

4. Заметно локализовать площади и оптимизировать объемы геологических исследований по дальнейшим поисковым работам.

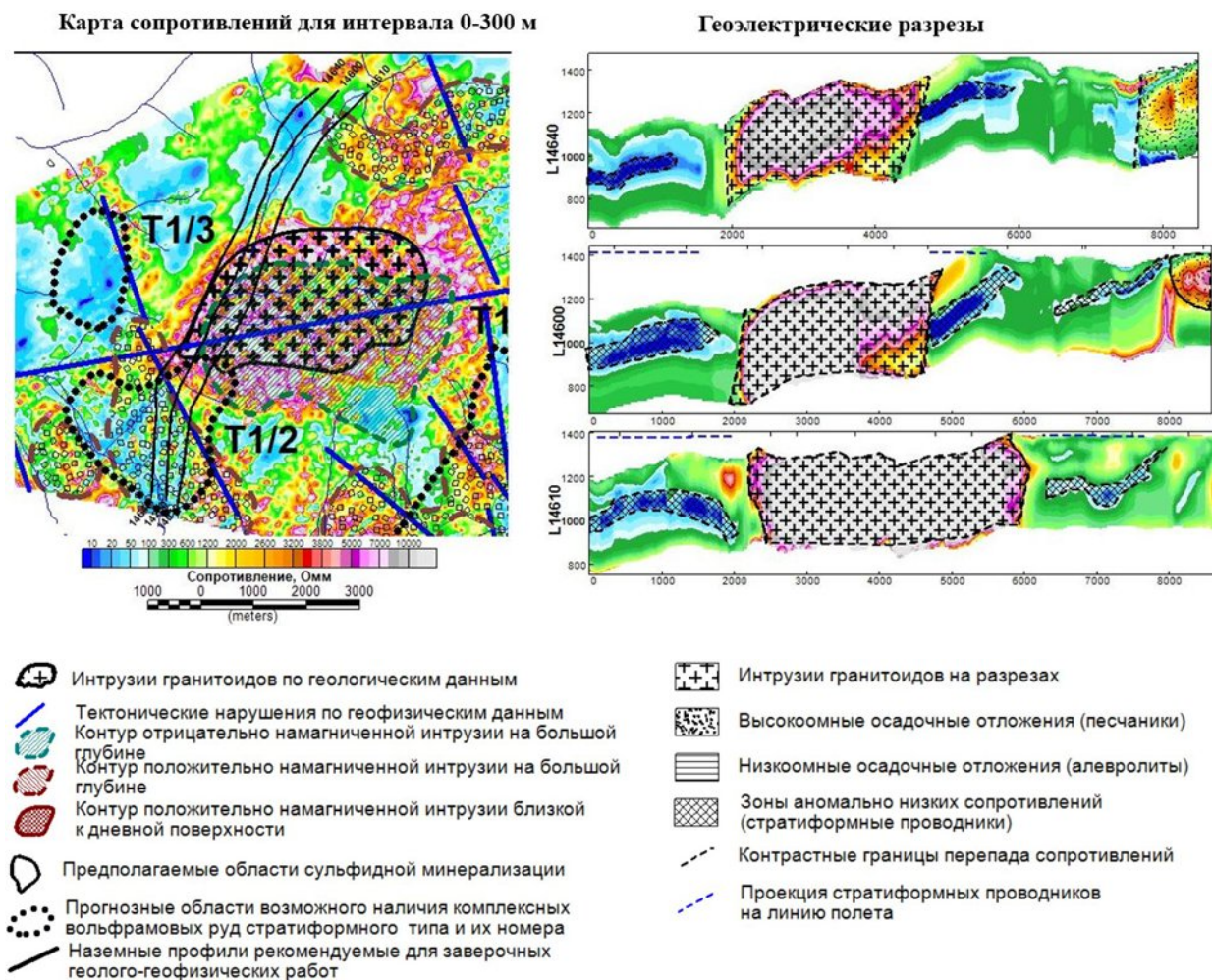


Рисунок 4. Геоэлектрические разрезы через прогнозный участок T1/2 по линиям 14640, 14600, 14610

Благодарности

Авторы выражают глубочайшую признательность коллективам компании ООО «Геотехнологии» и ФГБУ «ВИМС», выполнявшим геолого-геофизические работы на Джоантанджинской площади, данные которых приведены в этой статье, а также Е. В. Каршакову и Н. А. Гребенкину за ценные советы и замечания.

Список литературы

1. Билинкис Г. М. Отчет о геологоразведочных работах на медь и вольфрам по месторождению Агылки за 1956–1960 гг. / Билинкис Г. М. — пос. Хандыга, Якутское ГУ, 1960, инв. ном. № 228182.
2. Гвоздев В. И. Рудно-магматические системы скарново-шеелит-сульфидных месторождений востока России: автореферат дис. доктора геол-мин. наук: 25.00.11 / Гвоздев В. И. — Владивосток, 2007.
3. Karshakov E. Iterated extended Kalman filter for airborne electromagnetic data inversion / Karshakov E. // Exploration Geophysics. — 2020. — № 51(1). — P. 66–73.
4. Moilanen J. Time-domain helicopter EM System “Equator”: resolution, sensitivity, universality / Moilanen J., Karshakov E., Volkovitsky A. // 13th SAGA biennial and 6th International AEM conference AEM-2013. Mpumalanga. South Africa. Expanded Abstracts. — 2013. — P. 1–4.

References

1. Bilinkis G.M. Report on geological exploration works for copper and tungsten at the Agylki deposit for the years 1956–1960 / Bilinkis G.M. — Khandyga settlement, Yakutsk Geological Administration, 1960, inv. No. 228182 (in Russ.).
2. Gvozdyev V. I. Ore-magmatic systems of skarn-wolfram-sulfide deposits in the eastern Russia: abstract of the doctoral thesis in geological and mineral sciences: 25.00.11 / Gvozdyev V. — Vladivostok, 2007 (in Russ.).
3. Karshakov E. Iterated extended Kalman filter for airborne electromagnetic data inversion / Karshakov E. // Exploration Geophysics. — 2020. — № 51(1). — P. 66–73.
4. Moilanen J. Time-domain helicopter EM System “Equator”: resolution, sensitivity, universality / Moilanen J., Karshakov E., Volkovitsky A. // 13th SAGA biennial and 6th International AEM conference AEM-2013. Mpumalanga. South Africa. Expanded Abstracts. — 2013. — P. 1–4.