

ПОИСКОВАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ Fe-ОКСИДНОГО Cu-Au (IOCG) ТИПА РУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ (НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНОЙ ЯКУТИИ)

Костин А.В.

*Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН (ИГАБМ СО РАН), г. Якутск,
e-mail: kostin@diamond.ysn.ru*

Все известные Fe-оксидные-Cu-Au (IOCG) месторождения являются частью большой группы Cu-Au порфировых месторождений, генетически связанных с высоко-К гранитоидными интрузиями магнетитовой серии. Интрузивные породы занимают широкий спектр – от **A** (anorogenic – продукты плавления нижнекоровых гранулитов или дифференциаты щелочно-базальтоидных магм) до **I** (igneous – продукты плавления метамагматических субстратов) типов [Corgiveau, 2009] и по составу относятся к диоритам – гранитам, обогащенным U, F, Mo и REE. Гранитоиды A-типа в значительной степени обогащены Fe и относятся к железистым щелочно-известковым и железистым щелочным, большая их часть является металюминиевыми. Гранитоиды I-типа преимущественно известково-щелочные и известковые и относятся к магнезиальному, но так же, как и гранитоиды A-типа, являются металюминиевыми, реже пералюминиевыми [Frost et al, 2001].

Использование ГИС-технологий для оценки рудопродуктивности плутонов является важным шагом в создании единой распределенной модели геологического строения территории Восточной Якутии. Для многих рудных месторождений установлена пространственная связь с интрузивными образованиями, что стимулирует попытки оценить потенциальную рудоносность последних.

Поскольку месторождения IOCG-типа на территории Восточной Якутии принципиально не искали, а их наличие в открытой печати не обсуждалось, то проведенное нами исследование является первой попыткой оценки потенциала территории на IOCG-тип минерализации. Для этого собран ГИС проект, который включает: 1. Интрузивные массивы; 2. Снимки сервиса ArcGIS online; 3. Поверхность магнитных аномалий.

Интрузивные массивы оцифрованы и преобразованы в геодатобазу формата Access, которая состоит из таблицы, описывающей геометрию плутонов с вычисленными площадями выхода на дневную поверхность, их пространственную привязку и названия. В геодатобазу добавлена таблица с химическими анализами интрузивных пород (всего более 4000 анализов). Обработка таблиц осуществляется с помощью запросов, один из которых группирует плутоны по имени и суммирует площади их выхода на дневную поверхность, создавая новую таблицу. В ее ключевом поле хранятся уникальные названия массивов, что удовлетворяет «первой нормальной форме» баз данных и позволяет устанавливать отношения с другими таблицами химических анализов. Характер отношений между таблицами – один ко многим.

На **первом этапе** выделяются рудопродуктивные на Fe, Cu, Au и U гранитоиды **A** и **I**-типов. Полученные выборки сопоставляются с локальными изометричными магнитными аномалиями для последующей детализации поиска.

Гранитоиды A-типа. Характеризуются высоким содержанием суммы щелочей ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$), высоким значением соотношения $(0.9 \times \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO})/\text{MgO}$ и низкими содержаниями Al_2O_3 , CaO, MgO [Скляров и др., 2001] и относятся к железистой серии [Frost et al, 2001]. Алгоритм фильтрации плутонов A-типа основывается на формуле для кривой, разделяющей железистую и магнезиальную серии магматических пород на диаграмме $\text{SiO}_2 - \text{FeO}^*/(\text{FeO}^* + \text{MgO})$, где $\text{FeO}^* = (\text{FeO} + 0.9 \times \text{Fe}_2\text{O}_3)$, общий вид которой описывается уравнением $\text{FeO}^*/(\text{FeO}^* + \text{MgO}) = 0.46 + 0.005 \times \text{SiO}_2$, а запрос на выборку плутонов имеет вид:

$$(\text{FeO} + 0.9 \times \text{Fe}_2\text{O}_3) / (\text{FeO} + 0.9 \times \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) > (0.46 + 0.005 \times \text{SiO}_2)$$

Гранитоиды I-типа. Характеризуются как метаглиноземистым, так и перглиноземистым составом, индекс ASI изменяется в них от 0.69 до 1.10, редко до 1.20 [Скляров и др., 2001]. Алгоритм фильтрации плутонов I-типа основывается на формуле выборки диапазона значений:

$$\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}-1.67\times\text{P}_2\text{O}_5+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}) \text{ в интервале от } 0.69 \text{ до } 1.1$$

На **втором этапе** с использованием ГИС-технологий выявляются участки с проявлением Fe-оксидной минерализации, которые потенциально могут относиться к IOCG-типу. Для них анализируются магматогенные системы на предмет потенциальной Fe, Cu, Au и U рудопродуктивности.

Уран. На примере месторождений Австралии показано [Schofield, 2009], что U-содержащие интрузивные породы глобально важны, хотя их роль в суммарном ресурсе урана до конца не выяснена. Валовый состав пород играет важную роль в геохимическом поведении урана в магматических системах, наибольшие его концентрации отмечены:

1. График ASI – U: индекс ASI в интервале от 0.9 до 1.2;
2. График $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ – U: агпайтовый индекс в интервале от 0.6 до 1.0.

Медь и золото. Для анализа потенциала интрузий на Au-Cu и Cu-Mo минерализацию использовалась модель медно-порфировых месторождений Монголии [Gerel, 1995] в которой $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ отношение в интервале от 0.3 до 0.7 соответствует Cu-Mo, а от 0.7 до 1.3 – Au-Cu рудно-магматическим системам. Потенциально перспективные на Au-Cu оруденение интрузии относятся к высоко-К известково-щелочной и шошонитовой сериям [Костин, 2008].

Алгоритм фильтрации плутонов основывается на запросе вида:

Для перспективных Cu-Mo плутонов:

$\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ в интервале от 0.3 до 0.7

Для перспективных Cu-Au плутонов:

$\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ в интервале от 0.7 до 1.3

Полученные результаты. Анализ плутонов по трем алгоритмам: ASI – U; $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ – U и $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ для Au-Cu систем позволил выделить общую для трех выборок группу плутонов, потенциальных на комплексную Cu-Au-U минерализацию: Верхнетирехтяхский, Восточно-Полоусный, Горное озеро, Друза, Ильныманский, Лего-Алазейский, Маган-Тасский, Право-Туостахский, Такалканский, Тарбаганнахский, Томмотский, Эликчанский. Просмотр снимков ArcGisOnline–i-cubed 15m eSAT с разрешением 15м позволил установить наличие Fe-оксидных полей у Верхнетирехтяхского, Друза, Право-Туостахского и Такалканского плутонов.

В крупных и хорошо эродированных плутонах выделяется два типа Fe-оксидной минерализации – непосредственно в интрузивных породах (ярко-желтые оттенки) и вдоль контура плутона в поле ороговикованных пород (темно-коричневый цвет), что хорошо видно на примере Такалканского гранодиоритового плутона (рис. 1), входящего в состав Главного батолитового пояса Восточной Якутии.

Для слабо эродированных, небольших по площади выхода плутонов характерно общее поле Fe-оксидной минерализации, однородное по цвету и, вероятно, минеральному составу. К ним относится попавший в выборку Верхнетирехтяхский плутон, расположенный на северном окончании Южно-Верхоянского долготного интрузивного пояса. Плутон находится на начальной стадии эрозии, а его поле Fe-оксидной минерализации показано на рис. 2.

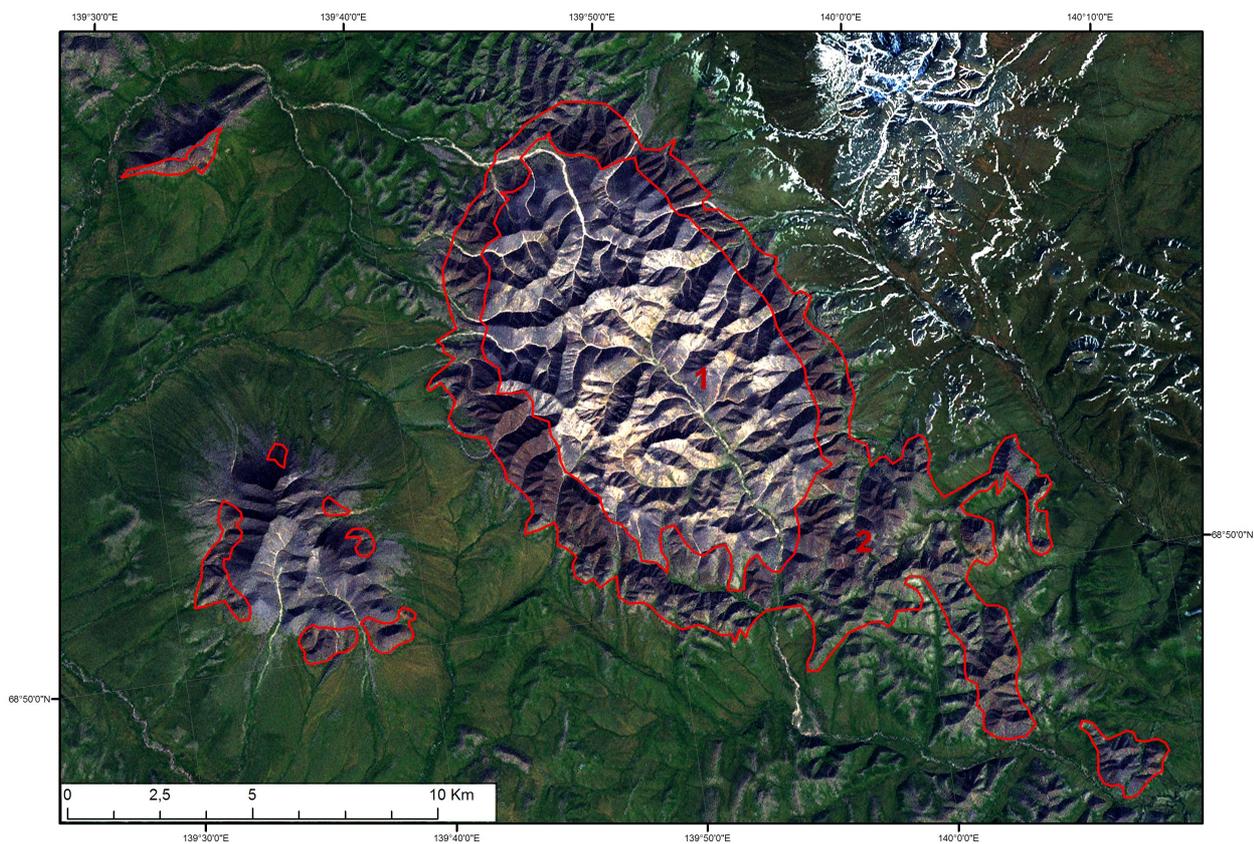


Рис. 1. Поле Fe-оксидной минерализации в контуре Такалканского плутона (1) – площадь 69.46 км² и в ороговикованных породах его окружения (2) – площадь 65.9 км².

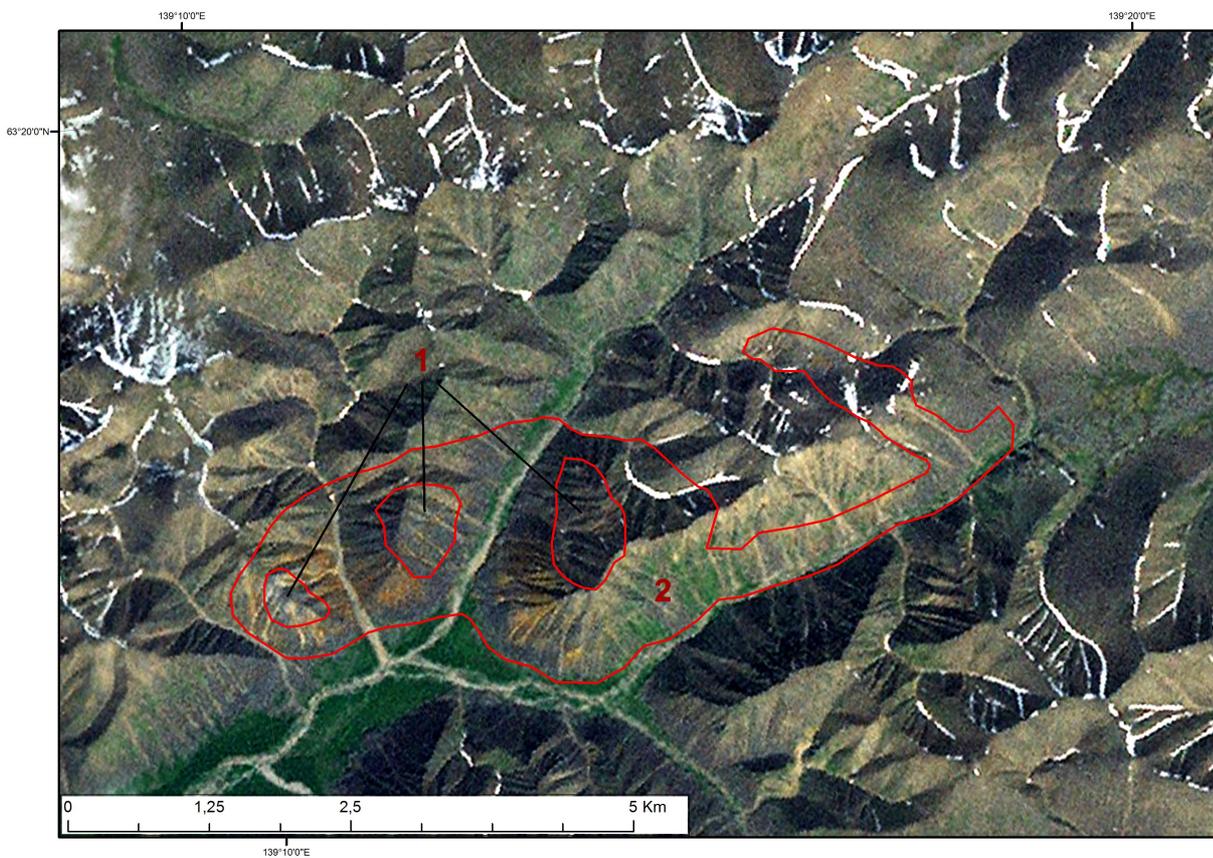


Рис. 2. Поле Fe-оксидной минерализации Верхнетирехтяхской группы гранодиоритовых плутонов – площадь 7.74 км² (1 – контуры плутонов, 2 – общий контур Fe-оксидной минерализации).

Выводы

Предлагаемая на основе ГИС-технологий поисковая модель для Fe-оксидного Cu-Au типа рудной минерализации позволяет выявлять IOCG-рудопродуктивные плутоны и наличие связанных с ними потенциальных минерализованных площадей.

Масштабы потенциальной IOCG-минерализации огромны – 135.6 км² для Такалканского плутона и 7.74 км² для Верхнетирехтяхского. При этом, 1 км² минерализованной площади при подвеске в 50 м и плотности руды 2.7 т/м³ дает 135 млн. т. руды. Даже при небольших содержаниях Au эти объекты могут представлять экономический интерес.

Литература

Костин А.В. ГИС как средство оценки рудообразующего потенциала интрузивных образований Верхоянского складчатого пояса (Восточная Якутия) // Геология, поиски и разведка рудных месторождений. Известия Сибирского отделения. Секция наук о Земле РАН. 2008. №7 (33). С. 97-105.

Склярков Е.В., Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Иванов А.В., Летникова Е.Ф., Миронов А.Г., Бараш И.Г., Буланов В.А., Сизых А.И. Интерпретация геохимических данных. – М.: Изд-во «Интермет Инжиниринг», 2001. – 288 с.

Corriveau L. Mineral Deposits of Canada: Iron Oxide Copper-Gold (+/-Ag,+/-Nb,+/-REE,+/-U) Deposits: A Canadian Perspective // Natural Resources Canada, Geological Survey of Canada, 490 de la Couronne, Québec, G1K 9A9, 2009. http://gsc.nrcan.gc.ca/mindep/synth_dep/iocg/pdf/deposit_synthesis.iocg.corriveau.pdf.

Frost B.R., Barnes C.G., Collins W.J., Arculus R.J., Ellis D.J., Frost C.D. A geochemical classification for granitic rocks // J. Petrology. 2001. V. 42. P.2033-2048.

Gerel O. Mineral resources of the western part of the Mongol-Okhotsk Foldbelt. In Ishihara S. & Czamanske G.K. eds. // Resource Geology. 1995. Special Issue 18. P. 151-157.

Schofield A. Uranium content of igneous rocks of Australia 1:5 000 000 maps – Explanatory notes and discussion. Geoscience Australia, Record. 2009/17. – 20 p.