

3. Чекрыжов И. Ю. и др. Новые данные по стратиграфии, вулканизму и цеолитовой минерализации кайнозойской Ванчинской впадины, Приморский край //Тихоокеанская геология. – 2010. – Т. 29. – №. 4. – С. 45-63.
4. Seredin, V.V., Finkelman R.B. Metalliferous coals: A review of the main genetic and geochemical types // Int. J. Coal Geol. – 2008. – Vol. 76 (4). – P. 253–289

## МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УРАНОВОРУДНЫХ ЭЛЬКОНИТОВ АЛДАНСКОГО ШИТА

Цыпленко М.М.

Научный руководитель - профессор С.И. Арбузов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Золотоурановорудные элькониты, развитые в пределах эльконского урановорудного района являются продуктом позднего (низкотемпературного) калиевого метасоматоза. Исходными для эльконизированных пород в указанном районе являются докембрийские гнейсы и гранитоиды, а также эпидотизированные амфиболиты, рассечённые древними разломами глубокого заложения, подновлёнными во время мезозойской тектономагматической активизации (рис. 1, 2) [1].

Собственно, мезозойские интрузии вскрыты эрозией только на западе Эльконского горста, однако процесс метасоматического преобразования развит в плоскостях дизъюнктивов практически по всей площади горста.

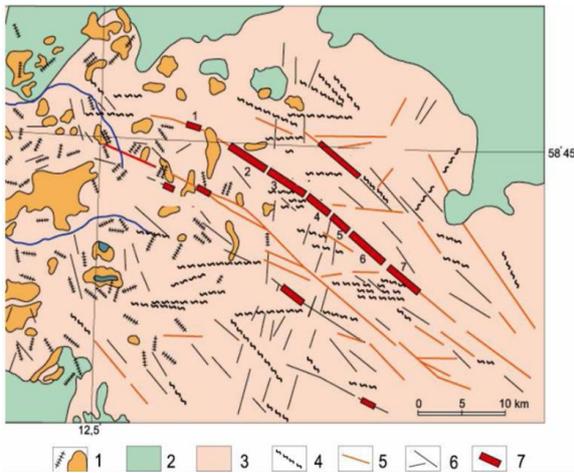


Рис. 1 Карта-схема Эльконского урановорудного района

Примечание: 1 – мезозойские интрузии; 2 – кембрийские платформенные карбонатные формации; 3 – докембрийские метаморфиты и гранитоиды; 4 – бластомилониты 5 – подновлённые древние разломы; 6 – мезозойские зоны разломов; 7 – урановые месторождения; Цифрами на карте указаны месторождения: 1 – Элькон, 2 – Эльконское плато, 3 – Курунг, 4 – Непроходимое, 5 – Дружное, 6 – Минеевское [3].

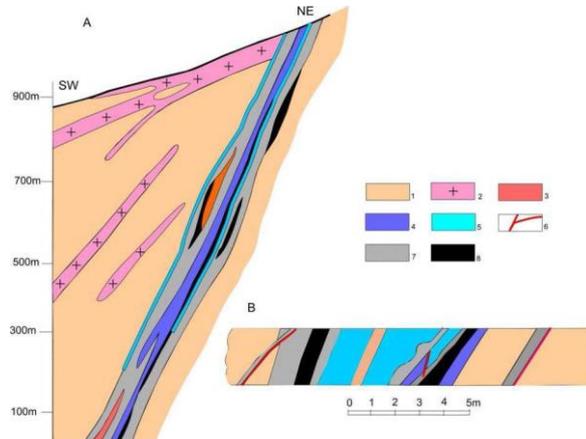


Рис. 2 Схематический разрез месторождений зоны Южная

Примечание: цифрами обозначены: 1 – гнейсы, 2 – гранитоиды, 3 – ортотектиты, 4 – метаморфизованные диоритовые дайки, 5 – бластомилониты и катаклазиты, 6 – разломы, 7 – метасоматиты, 8 – рудные тела [4].

Пирит-карбонат-калишпатовые метасоматиты являются одним из главных структурных элементов зоны Южной и определяют положение всех рудных тел месторождения. Они образуют зоны (или полосы) шириной от первых десятков сантиметров до 10-15 м, на которую накладываются урановорудные и жильные минеральные ассоциации последующих стадий. Сформировались в мезозойский этап активизации, наряду с кварцевыми жилами с убогой вкрапленностью сульфидов, урановыми и молибденовыми минералами. Сложены карбонатами (анкеритом, доломитом, кальцитом), пиритом, марказитом, тонкозернистым бурым калиевым полевым шпатом и адуляром. Резко подчиненную роль в их составе играют апатит, сфен, лейкоксен, гематит.

Карбонаты совместно с пиритом и марказитом псевдоморфно замещают темноцветные минералы, выполняют тонкие прожилки и вместе с крошкой перетертых минералов слагают цемент брекчий. Калиевый полевой шпат и адуляр замещают лейкократовые минералы. Адуляр также может выполнять тонкие прожилки самостоятельно, либо вместе с карбонатом, небольшим количеством пирита и кварцем. Породный апатит, главным образом, перекристаллизовывается, но в отдельных случаях может создавать новообразования на зернах первичного апатита. Лейкоксен и сфен часто встречаются вместе с пиритом при замещении темноцветных минералов. Гематит выделяется в виде тонкой сыпи в полевых шпатах, обычно вдоль адуляровых, адуляр-карбонатных или кварц-адуляр-карбонатных прожилков.

В составе описываемых метасоматитов выделяются четыре парагенетические минеральные ассоциации: пирит-карбонатная (с незначительным количеством калишпата); пирит-карбонат-калишпатовая; пирит-калишпат-кальцитовая и адуляр-пирит-карбонатная.

Пирит-карбонатная ассоциация обычно проявлена в краевой части зоны метасоматоза, при этом структура исходной породы сохраняется, а темноцветные минералы замещаются пиритом и карбонатом.

Пирит-карбонат-калишпатовая ассоциация тяготеет к центральной части зоны, где помимо темноцветных, замещенных карбонатом и пиритом, замещаются и адуляром лейкократовые минералы, в результате чего исходная порода превращается в плотный, как правило, тонкозернистый метасоматит с участками брекчиевидной структуры. Радиометрическими и химическими анализами в пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитах повсеместно фиксируется уран, содержание которого обычно составляет тысячные доли процента.

Третья минеральная ассоциация, являющаяся по отношению к первым двум более поздней, представлена существенно карбонатными сахаровидными метасоматитами, состоящими преимущественно из кальцита (до 50-70%), красно-бурых гематитизированных зерен калишпата и небольших количеств адуляра, пирита и кварца. В поперечном сечении зоны Южной эти метасоматиты слагают спорадически встречающиеся в ее краевых частях линзовидные тела мощностью от первых см до 1-2 м.

Последняя, адуляр-пирит-карбонатная ассоциация слагает маломощные (первые см) зоны мелкообломочных брекчий, образование которых завершает метасоматический процесс. Обломки брекчий сложены измененными и, реже, неизменными вмещающими породами, а цемент – карбонатами, крошкой перетертых минералов и пиритом. Адуляр обрастает обломки брекчий в виде фестончатых каемок. Эта ассоциация, как правило, пространственно совмещена с пирит-карбонат-калишпатовой, но проявлена, в отличие от нее, неравномерно. В метасоматическую пирит-карбонат-калишпатовую стадию образуется субмикроскопическое золото, которое присутствует в пирите [5].

Внутриразломные элькониты по отношению к исходной породе характеризуются (согласно данным количественного атомно-объемного метода) привносом калия от +18 до 28, окисного железа от +18 до +541, титана от +329 до +1847, фосфора от +459 до +1192 и  $\text{CO}_2$  ( $\pm\text{H}_2\text{O}$ ) до +252% и выносом натрия от -90 до -98, кальция от -63 до -94, алюминия от -29 до -32% (рис. 3).

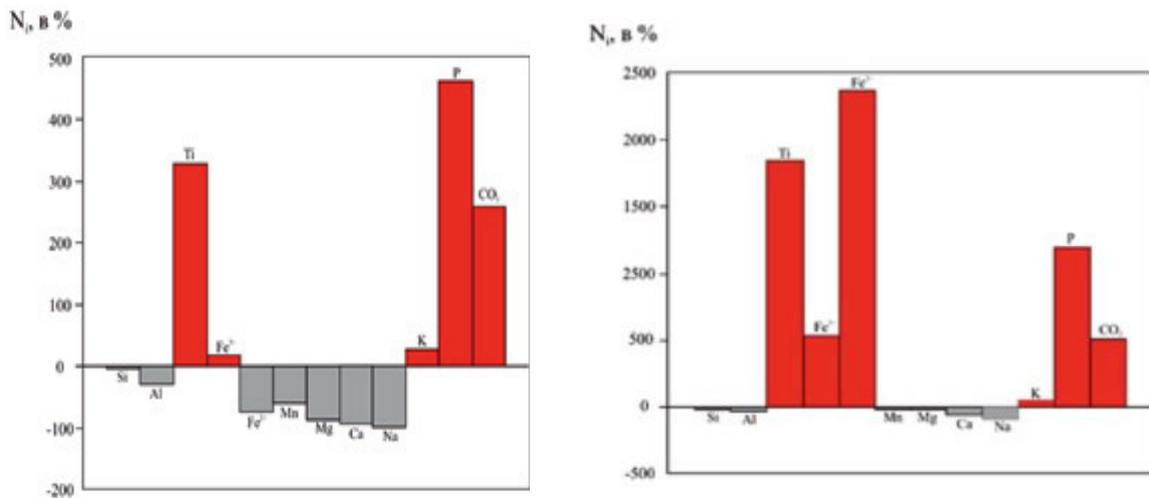
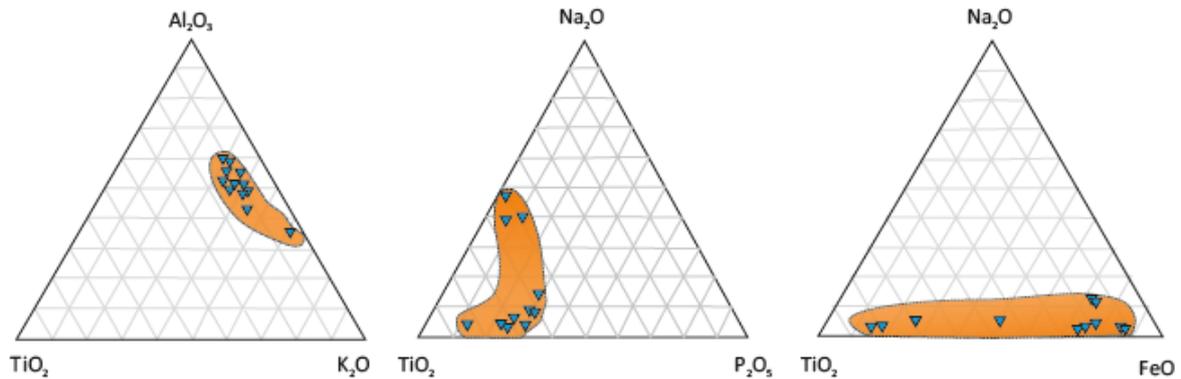


Рис. 3 Диаграммы привноса-выноса вещества ( $\Delta N_i, \%$ ), построенные по данным, рассчитанным атомно-объемным методом внутриразломных эльконитов (а) по гнейсам федоровской серии; (б) по протерозойским гранитоидам [2].

На тройных вариационных диаграммах (Рис. 4) внутриразломные элькониты образуют поле составов, имеющее четкий тренд к возрастанию содержаний титана и фосфора при высоких показателях калиевости, железистости и низкой натриевости. Это связано с образованием в рудоносных внутриразломных эльконитах в основном калишпата (адуляра), пирита, анкерита и рудного минерала – титаната урана.

Внутриразломные элькониты характеризуются аномальным накоплением рудных литофильных и халькофильных элементов – золота до 3 и серебра до 100 г/т, урана до 3 и мышьяка 0,1–0,2%, ртути до 0,83 и в меньшей степени ниобия до 200–300 г/т, вольфрама до 0,05 и молибдена до 0,05%, концентрирующихся в браннерите и редкоземельных элементах. Среди литофильных химических элементов наиболее высокие уровни накопления у ванадия (до 300 г/т) [2].

Рудная минерализация представлена пиритом-мельниковитом, рутилом, лейкоксенном, браннеритом и коффинитом.



**Рис. 4 Тройные вариационные диаграммы [2]**

Пирит отмечается в обломках породы в виде редких отдельных кристаллических зерен и сыпи тонкозернистого минерала линзовидных, ленточных агрегатах. Отмечено, что пирит участвует в образовании псевдоморфоз по темноцветным минералам совместно с доломитом и кальцитом. Не исключается и третья стадия образования пирита вместе с браннеритом. Форма выделений этого пирита – мелкие линзочки, непротяженные прожилки и тонкая вкрапленность в тесном сростании с браннеритом.

Рутил образует псевдоморфозы по темноцветным минералам вместе с пиритом и карбонатами, участвует в формировании цемента, образует тесные сростания с пиритом. Кроме того, пирит, рутил, магнетит, ильменит и браннерит создают текстуры замещения в различных сочетаниях, вплоть до мономинеральных [5].

Можно отметить линзовидные и ленточные вкрапленные образования, в которых участвуют тонкозернистый пирит, лейкоксен, рутил. В породе в виде лент и полос отмечаются микробрекчии с лейкоксеновым цементом.

Для браннерита характерны прожилково-вкрапленные текстуры (реже прожилковые и прожилково-вкрапленные), а также окисленное состояние. В этом варианте вместе с ним постоянно встречается коффинит. В составе прожилков встречаются помимо браннерита пирит и рутил и нерудные карбонат и кварц. Вместе с браннеритом отмечается галенит.

Следует отметить повышенные концентрации таллия, как во вмещающих породах, так и рудах, свидетельствующих о щелочной направленности процессов магмо- и рудообразования.

Выявлена чёткая закономерность увеличения содержаний урана от внешних ореолов рудных тел, представленных пирит-карбонат-калишпатовыми метасоматитами (CU=0.00542%, со значительными вариациями содержаний, S=0.00325), прожилково-вкрапленными рудам (CU=0.0532%, при S=0.02502) и рудным брекчиям и катаклазитами CU варьируют от 0.18 до 1.57% (S=0.07292-0.80497) [5].

Аналогичная тенденция отмечается у Ti, Zr, Nb, Mo, Cu, As, Sb, Tl, Th, W и групп TR.

Обратная тенденция отмечается для Li, Na, Bi.

Статистически инертно ведут себя, Cr, Mn, Ba.

Анализ изменения концентраций U с глубиной показывает чёткую тенденцию улучшения качества руд по содержанию. Тенденция к увеличению концентраций наблюдается также у Th, Bi, Ag, Sc, в меньшей степени у Ti, Zr, Nb, Y, TR.

Содержания Li, Cs, Mg. Остальные проанализированные элементы, в том числе Fe, K, Na, ведут себя инертно [5].

#### Литература

1. Бойцов В. Е., Пилипенко Г. Н., Дорожкина Л. А. Модель формирования комплексных золото - урановых месторождений Центрально-Алданского рудного района //Изв. вузов. Геология и разведка. – 2006. – №. 2. – С. 23-31.
2. Дворник Г.П. Золоторудные метасоматические формации Центрально-Алданского района // Литосфера, 2012, № 2, с. 90–105
3. Молчанов А.В., Шатов В.В., Терехов А.В., Белова В.Н., Радьков А.В., Семенова В.В., Соловьев О.Л., Шатова Н.В. Эльконский золото-урановорудный узел (Южная Якутия): Основные черты геологического строения, петрографо-геохимические особенности гидротермально-метасоматических образований и рудоносность // Регион. геология и металлогения, 2012, № 50. С. 80-101.
4. Окончательный отчёт. Исследование минералого - геохимического состава золото - урановых руд в главных рудных сечениях месторождений Дружное, Элькон, Непроходимое / В.А. Домаренко [и др.]. - Томск, 2011.
5. Терехов А. В., Молчанов А. В., Шатова Н. В., Белова В. Н. Два типа рудоносных гумбеитов Эльконского золото - урановорудного узла (Южная Якутия) // Региональная геология и металлогения, № 60, 2014 – с.71–86.