

УДК 553.07

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ РУДОВМЕЩАЮЩЕЙ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСНОГО ЗОЛОТО-УРАНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «СЕВЕРНОЕ» (ЭЛЬКОНСКИЙ УРАНОВОРУДНЫЙ РАЙОН)

Зайченко Андрей Петрович,

аспирант кафедры геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов
Национального исследовательского Томского политехнического
университета, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30.
E-mail: andrey.vl@list.ru

Домаренко Виктор Алексеевич,

канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры геоэкологии и геохимии
Института природных ресурсов Национального исследовательского
Томского политехнического университета, Россия, 634050, г. Томск,
пр. Ленина, д. 30. E-mail: viktor_domarenko@mail.ru

Перегудина Елена Владимировна,

ассистент кафедры геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов
Национального исследовательского Томского политехнического
университета, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30.
E-mail: pere-elena@mail.ru

Актуальность работы обусловлена недостаточной изученностью внутреннего строения месторождения Северное, входящего в состав Эльконского рудного района (Республика Якутия). Расшифровка внутреннего строения рудолокализирующей структуры месторождения позволит с большей точностью выделять блоки с богатым комплексным золото-урановым оруденением и более целенаправленно формировать систему геологоразведочных работ, исключая при этом потери во время отработки месторождения. Несмотря на уникальность объектов, географо-экономические условия, труднообогатимые руды делают добычу урана рентабельной при достаточно высокой цене металла. Проведенные исследования позволят локализовать участки комплексных руд и собственно золоторудные, существенно увеличить запасы полезных компонентов, что может положительно повлиять на сложившуюся ситуацию, поскольку нынешние внутренние потребности страны не восполняются за счёт эксплуатации отечественных месторождений и компенсируются складскими запасами, а также за счёт импорта из-за рубежа. В результате исследований появляется возможность повышения рентабельности отработки месторождения, безболезненно провести импортозамещение в урановой отрасли. Данная методика с успехом может быть использована на объектах со схожими геолого-структурными условиями локализации оруденения.

Цель работы: изучение структурных условий локализации комплексного золото-уранового оруденения на месторождении Северное (Эльконский урановорудный район) с целью выявления закономерностей формирования рудолокализирующих тектонических нарушений, изучения их поведения в пространстве и размещения в них комплексных золото-урановых руд.

Методы исследования. Изучение и обработка данных полевой геологической документации проводилось с применением данных фотодокументации керна. При построении структурных разрезов использовались программные продукты Micromine и Corel Draw.

Результаты. Было выяснено внутреннее строение рудолокализирующей зоны Северная, выделены опережающие тектонические структуры (скола, отрыва), сформировавшие сложное блочно-мозаичное строение рудной зоны, построена структурная модель месторождения.

Ключевые слова:

Эльконский урановорудный район, месторождение Северное, трещины скола, трещины отрыва, уран, золото.

Для достижения цели по изучению внутреннего строения рудовмещающей структуры месторождения и закономерностей локализации метасоматитов и золото-урановых руд месторождения Северное необходимо решить следующие задачи:

- определить основные морфоструктурные элементы, принимающие участие в строении месторождения, их генезис;
- выявить закономерности локализации золотоуранового оруденения и условия формирования богатых руд;
- построить геолого-структурную модель размещения структурных элементов месторождения.

Краткая характеристика геологического строения Эльконского района

Ресурсы урана эльконской группы комплексных золото-урановых месторождений составляют около 319 тыс. т, или около 6 % извлекаемых мировых запасов [1].

Эльконский урановорудный район находится в центральной части Алданского щита (Центрально-Алданский район), сложен преимущественно архейскими метаморфитами гранулитовой и амфиболитовой фаций [2] и входит в состав Алдано-Тимптонского мегаблока (рис. 1) [3–5]. В процессе мезозойской тектоно-магматической активизации при движении блоков земной коры в пределах юж-

ной части щита образовалась система мелких горстов и грабенов, к одному из которых и приурочены структуры Элькона [6–9].

В геологическом строении района выделяют образования трёх структурных этажей. Образования нижнего структурного этажа составляют фундамент, они представлены ультраметаморфическими и метамитризованными комплексами позднеархейско-раннепротерозойского возраста [10].

Второй структурный этаж составляют рифей-нижнекембрийские терригенно-карбонатные толщи федоровской серии платформенного этапа развития, несогласно залегающие на породах фундамента [11].

В ходе мезозойской тектоно-магматической активизации сформировались грабенообразные структуры, выполненные юрскими угленосными отложениями, и вулканоплутонические пояса щелочных пород и гранитоидов (рис. 1).

Особенности геологического строения месторождения Северное

Месторождение Северное является вторым по значению объектом Эльконского урановорудного района. Оно приурочено к одноименной тектонической структуре северо-западного простирания, расположенной в северной части Эльконского горста, в 2,5 км от Зоны Южной (рис. 1).

Золото-урановое оруденение месторождения контролируется долгоживущими тектоническими структурами, сформированными в кристаллическом фундаменте в раннепротерозойское время и неоднократно подновлявшимися. Отдельные швы структуры сопровождаются разновозрастными различными по условиям образования и составу гидротермально-изменёнными породами, которые составляют обширные вытянутые в СЗ направлении поля (рис. 2) [13]. Среди них выделяют хлорит-серицит-альбитовые метасоматиты, пирит-карбо-

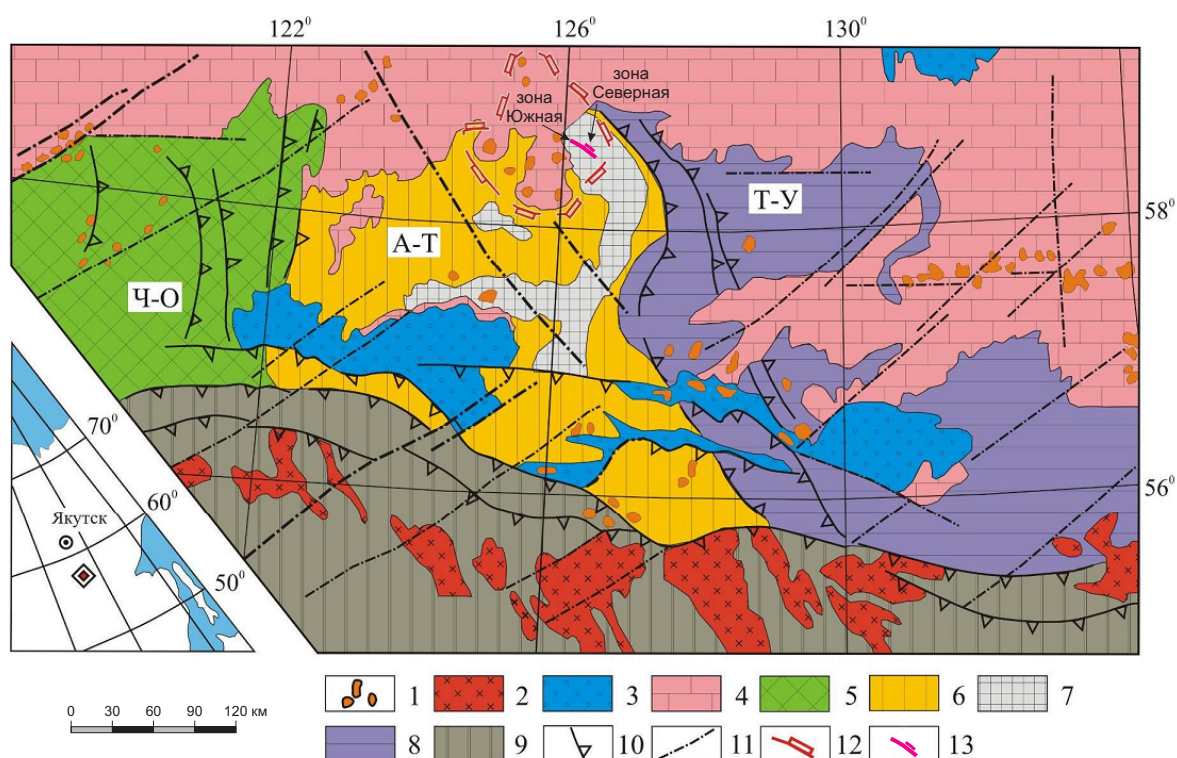


Рис. 1. Геологическая позиция Эльконского рудного района в структурах центральной части Алданского щита [12]: Мегаблоки: Ч-О – Чаро-Олекминский; А-Т – Алдано-Тимтонский; Т-У – Тимптоно-Учурский. Интрузивные комплексы этапа мезозойской ТМА: 1) щелочные граниты, граносиениты, сиениты; 2) гранитоиды нормального ряда, интрузивы; 3) юрские терригенные отложения; 4) отложения рифейско-кембрийского платформенного чехла; 5) метаморфиты олекминского комплекса (поздний архей – ранний протерозой); 6) метаморфиты иенгского комплекса (нижнеархейские образования); 7) метасадки федоровской серии (протерозой); 8) образования тимптоно-джелтулинского комплекса (архей); 9) вулканоплутонические образования зверевского и станового комплексов (ранний протерозой); 10) главные разрывные нарушения; 11) второстепенные разрывные нарушения; 12) граница Центрально-Алданского рудного района; 13) зоны Южная и Северная

Fig. 1. Geological position of Elkon ore region in structures of central part of Aldanian shield [6]: Megablocks: Ч-О – Chara-Olekminsky; А-Т – Aldano-Timtonsky; Т-У – Tiptono-Uchursky. Igneous complexes of the era of Mesozoic tectonic magmatic activation: 1) alkaline granites, granosyenites, syenites; 2) granitoids of normal series, penetrative rocks; 3) Jurassic terrigenous deposits; 4) deposits of Rifean-Cambrian platform mantle; 5) metamorphites of olekminsky complex (Late Archean – Early Proterozoic); 6) metamorphites of iengrsky complex (Low-Archean formations); 7) metasediments of fedorovskaya series (Proterozoic); 8) formations of tiptono-dzhelutinsky complex (Archean); 9) volcanic-plutonic formations of zverevsky and stanovy complexes (Early Proterozoic); 10) main faults; 11) secondary faults; 12) boundary of Central-Aldanian ore region; 13) Yuzhnaya and Severnaya areas

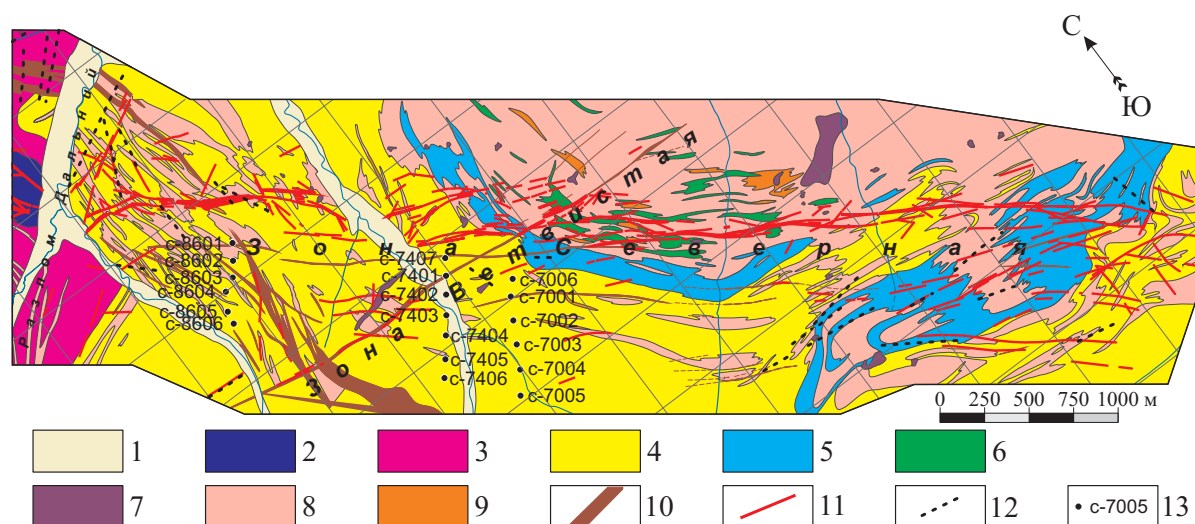


Рис. 2. Геолого-структурная схема месторождения Северное по данным ОАО «Русбурмаш» с изменениями авторов: 1) аллювиальные отложения долин рек четвертичного возраста. Метаморфиты федоровской свиты: 2) керибиканский горизонт; 3) леглиерский горизонт; 4) любкакайский горизонт; 5) медведевский горизонт; 6) Отложения верхнеалданской свиты. Интрузивные образования архейского возраста: 7) аляскитовые граниты; 8) лейкократовые граниты, биотитовые и биотит-амфиболовые граниты, диопсидовые и амфибол-диопсидовые граниты; 9) гранито-гнейсы и интенсивно гранитизированные метаморфиты; 10) метаморфизованные тела и дайки диоритового состава (ортогнейсы). Тектоно-метасоматические структуры мезозойской тектоно-магматической активизации: 11) минерализованные швы и зоны катаклаза, брекчирования, окварцевания; 12) бластомилониты, милониты и бластокатаклазиты; 13) разведочные скважины

Fig. 2. Geological block diagram of the deposit Severnoe by the data of «Rusburmash» with authors' changes: 1) alluvial deposits of river valley of the Quaternary age. Metamorphites of fedorovskaya suite: 2) keribikansky horizon; 3) legliersky horizon; 4) lyubkaysky horizon; 5) medvedevsky horizon; 6) Deposits of Upper-Aldanian suite. Intrusive formations of Archean age: 7) alaskite granites; 8) lightcolored granites, biotite and biotite-amphibolic granites, diopside and amphibole-diopside granites; 9) granite gneiss and intensively granitized metamorphites; 10) metamorphized bodies and dykes of dioritic composition (ortho-gneiss). Tectonic-metasomatic structures of Mesozoic tectonic-magmatic activation: 11) mineralized sutures and zones of cataclasis, brecciation, silification; 12) blastomylonites, mylonites and blastocataclasites; 13) exploratory wells

нат-калишпатовые метасоматиты (элькониты), березиты, пропициты, фениты, кварц-полевошпатовые метасоматиты.

В ходе мезозойской ТМА наряду с внедрением интрузивов щелочногранитоидного состава сформировались поля и зоны кварц-серицит-пиритовых метасоматитов («эльконитов» по Г.Н. Пилипенко [14], или «гумбеитов» по А.Ф. Коржинскому [15]). С этими метасоматитами генетически связано золотоурановое оруденение. Главными рудными минералами являются: браннерит, коффеинит, золотосодержащий пирит. Вещественный состав гидротермально-изменённых пород и руд детально рассмотрен в работах В.Е. Бойцова, Г.Н. Пилипенко [16], А.В. Молчанова [3].

Детальные исследования по изучению структуры месторождения помогут выявить закономерности в его строении, что, в свою очередь, позволит спрогнозировать развитие оруденения за пределами проведенных работ. Опыт таких исследований на примере изучения месторождения Чертово Копыто [17] позволяет предположить прирост запасов полезных компонентов, главным образом за счет структур отрыва, образованных под воздействием растягивающих напряжений.

Характеристика внутреннего строения рудовмещающей структуры

Для изучения внутренней структуры месторождения использовались главным образом данные полевой геологической документации керна, собранные по 18 скважинам, общей протяженностью 10382 м, расположенным по трем разведочным линиям (РЛ) (рис. 2). В результате их обработки формировалась база данных, в которую заносились различные структурные элементы с обязательной привязкой их по интервалу скважин, а также ориентировкой по отношению к оси керна. Выделялись следующие структурные элементы: зоны брекчирования, зоны катаклаза, зоны милонитизации, участки расщепления и повышенной трещиноватости, участки развития прожилковой минерализации, зоны дробления. В случаях возникновения необходимости уточнения информации по интересующим нас интервалам дополнительно привлекались данные фотодокументации керна.

Систематизация в различных видах электронных таблиц и баз данных позволяет во многих случаях существенно ускорить и автоматизировать процесс обработки и визуализации, используя для этого различные программные продукты.



Рис. 3. Характер рудовмещающих структур в керне разведочных скважин

Fig. 3. Mode of ore-hosting structures in the core of the exploratory wells

Построение и визуализация структурной модели осуществлялись с использованием специализированного программного обеспечения Micromine и программного обеспечения для работы с графической информацией CorelDRAW.

Исходя из пространственного расположения рудной зоны (с падением на юго-запад под углом 55...60°) и заложения скважин 68...70° был сделан вывод, что структурные элементы, относящиеся к главному нарушению, ориентированы по отношению к оси керна под 45...55°. При формировании главного взброса образовались как минимум три системы оперяющих трещин: две системы трещин скола и одна система трещин отрыва. Первая система трещин скола сформировалась субпараллельно главному дизъюнктиву. Вторая система трещин сколовых дислокаций ориентирована к основной структуре под углом 50...60° (около 0° по отношению к его оси). Система трещин отрыва образует пологозалегающие структуры с углом 35...45° к основной зоне (около 90° по отношению к оси керна) (рис. 3).

Главным элементом геологического строения месторождения является протяжённая (до 8,4 км) тектоническая структура запад-северо-западного простираения, мощность которой достигает 350 м (рис. 2).

В процессе тектонических деформаций горных пород формируются трещины двух генетических типов, образующиеся при сдвиге и растяжении-сжатии. Это трещины скалывания и отрыва, являющиеся оперяющими к основному нарушению [18–20].

При полевых наблюдениях виден эффект разновременности трещин скола и отрыва со смещением вторых относительно первых, хотя трещины формируются одновременно с основной структурой, а смещение трещин отрыва связано с внутренними динамическими связями внутри породы.

Изучение характера размещения оруденения месторождения Северное показало, что рудовмещающее тектоническое нарушение имеет характер взброса с амплитудой перемещения до 10 м.

На основе изучения внутреннего строения рудовмещающей зоны нами выявлены структуры первого и второго порядков и их роль в рудолокализации [21].

На всех изученных нами разведочных линиях структура первого порядка представляет систему сближенных неоднократно подновлявшихся субпараллельных тектонических швов общей мощностью до 50...100 м.

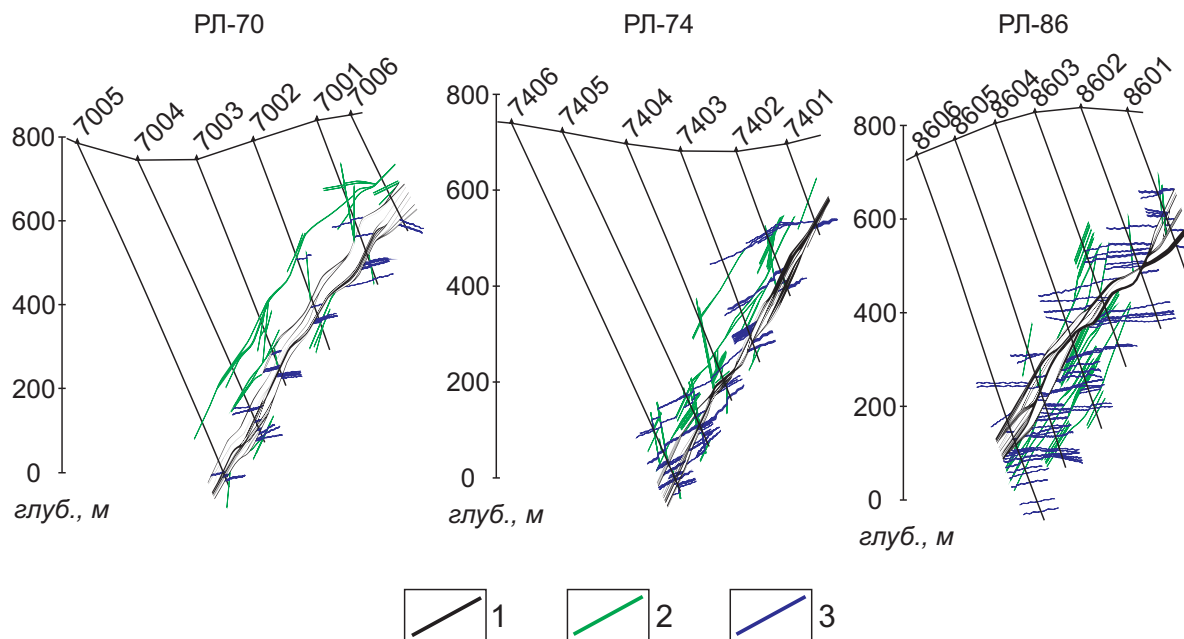


Рис. 4. Расположение рудовмещающих структур в вертикальных разрезах по РЛ-70, 74, 86: 1) основное тектоническое нарушение (структура первого порядка); 2) трещины скола (структура второго порядка); 3) трещины отрыва (структура второго порядка)

Fig. 4. Ore-hosting structures in vertical sections by RL-70, 74, 86: 1) main tectonic fault (the structure of the first order); 2) shear fracture (the structure of the second order); 3) fault structure (the structure of the second order)

Структуры второго порядка на месторождении характеризуются широким, но неравномерным развитием. Они представлены двумя генетическими типами трещин: скола и отрыва. Наибольшее распространение они получили в лежащем блоке. Это хорошо заметно по РЛ 70 и РЛ 86 (рис. 4).

На всех изученных разрезах трещины скола наблюдаются по двум резко отличающимся направлениям: первая система образует протяженные зоны расщепления и милонитизации, субпараллельные структурам первого порядка, вторая ориентирована к основной структуре под углом $50...60^\circ$. Наиболее легко картируется первая система трещин, что связано с принятой системой разведочных работ, и большая часть трещин отрыва, субпараллельная разведочным линиям, не подсвечивается скважинами (рис. 4).

Наибольший интерес представляют трещины отрыва и узлы их сочленения с основным нарушением в связи с большей открытостью трещин отрыва и возможностью локализации богатого оруденения. Эти трещины получили максимальное развитие в лежащем боку основного дизъюнктива, что в большинстве случаев согласуется с теоретическими моделями трещинообразования. Трещины отрыва могут образовывать как пологозалегающие структуры, так и структуры с углом падения, достигающим 28° . Ввиду недостаточной изученности лежащего блока оценить распространение трещин по вертикали достаточно сложно, но согласно данным бурения по РЛ-86 протяженность их по падению может достигать 150 м (рис. 4).

Выводы

В результате проведенных работ по изучению особенностей внутреннего строения месторождения Северное, а также характера размещения золото-уранового оруденения авторы выделили и типизировали дизъюнктивные нарушения, относящиеся к разным порядкам и генетическим типам: основное нарушение (серия субпараллельных структур), трещины скола, трещины отрыва; установили определяющую роль трещин отрыва в структуре месторождения. Именно в них, а также в области их сочленения с основным нарушением часто встречаются повышенные значения оруденения (рис. 5).

А также были сформулированы следующие выводы:

- рудоносная зона имеет сложное мозаично-блоковое строение с закономерным сочетанием трещин скола и отрыва;
- в строении и размещении оперяющих трещин намечается определенная закономерность на всем протяжении основного тектонического нарушения. Замечено более широкое размещение их в лежащем крыле;
- подтвердилось выделенное ранее предшественниками более широкое развитие золотого оруденения, по отношению к урановому, локализуемому внутри золотого оруденения (рис. 6), а также опережающее формирование золотого оруденения по отношению к урановому;
- на основании новых данных, включающих данные структурных построений, а также характер

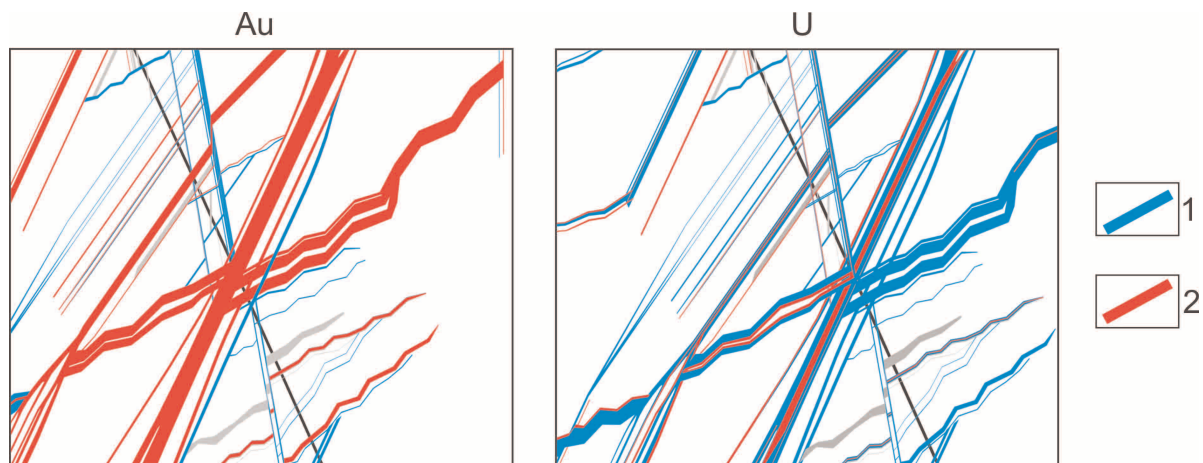


Рис. 5. Характер распространения кондиционного уранового оруденения в разрезах по РЛ-70, РЛ-86: 1) зона брекчирования, катаклаза, милонитизации; 2) кондиционные урановые руды

Fig. 5. Mode of distribution of conditioned uranium mineralization in sections by RL-70, RL-86: 1) zone of brecciation, cataclasis, mylonitization; 2) conditioned uranium ores

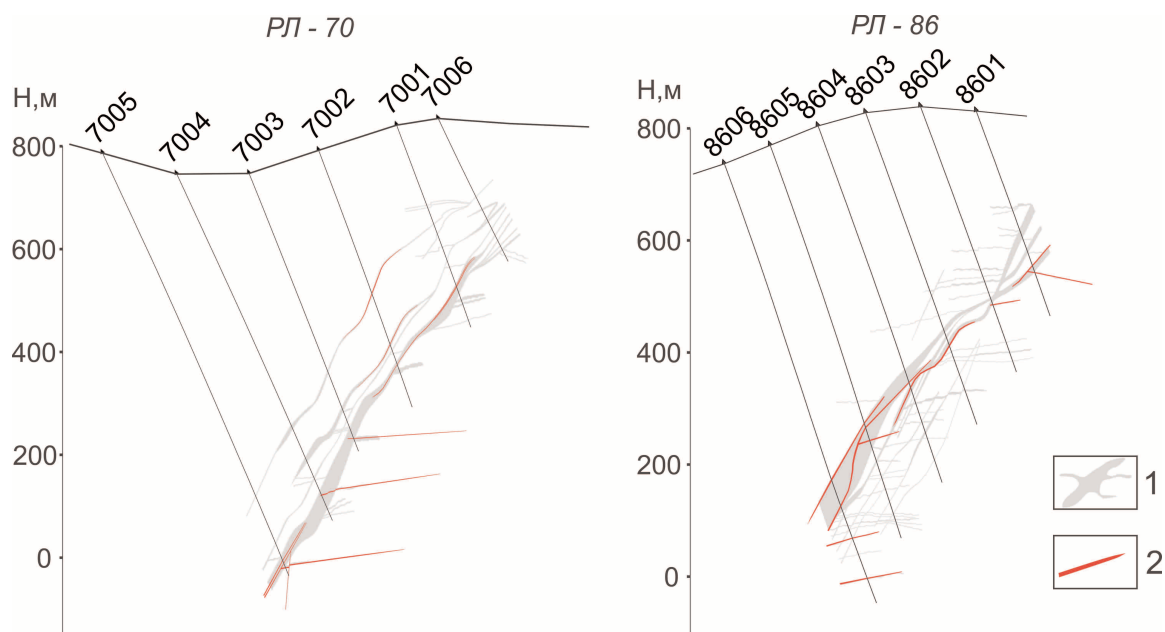


Рис. 6. Характер распространения золотого (слева) и уранового (справа) оруденения в разрезе РЛ-74: 1) безрудная зона брекчирования, катаклаза, милонитизации; 2) рудоносная зона (содержание золота от 0,5 г/т, урана – от 0,01 %)

Fig. 6. Mode of distribution of gold (left) and uranium (right) mineralization in the section RL-74: 1) barren zone of brecciation, cataclasis, mylonitization; 2) ore-bearing zone (gold content is from 0,5 g/t, uranium content is from 0,01 %)

поведения оруденения, можно предполагать прирост запасов в отношении золота и урана;

- понимание строения внутренней структуры позволяет с большей точностью выделить блоки с

богатым комплексным оруденением и более целенаправленно формировать систему геолого-разведочных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Урановый холдинг «АРМЗ». 2007–2015. URL: <http://www.armz.ru/companies/newcompany/elkon> (дата обращения: 13.01.2015).
2. The Kuranakh epithermal gold deposit (Aldan Shield, East Russia) / S.M. Rodionov, R.S. Fredericksen, N.V. Berdnikov, A.S. Yakubchu // *Ore Geology Reviews*. – 2014. – V. 59. – P. 55–65.
3. Терехов А.В. Рудоносность гидротермально-метасоматических образований Эльконского золото-урановорудного узла (Южная Якутия): дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – СПб., 2012. – 220 с.
4. Молчанов А.В. Металлогения урана Алданского и Анабарского щитов: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. – СПб., 2004. – 373 с.
5. Khomich V.G., Boriskina N.G., Santosh M. Geodynamics of late Mesozoic PGE, Au, and U mineralization in the Aldan shield, North Asian Craton // *Ore Geology Reviews*. – 2015. – V. 68. – P. 30–42.
6. Объяснительная записка к государственной геологической карте Российской Федерации масштаба 1:200000. изд. второе. Серия Алданская / Д.В. Утробин, В.И. Шевченко, К.А. Воробьев, Г.А. Шумбасова. – СПб., 2002. – 301 с.
7. Кочетков А.Я. Мезозойские золотоносные рудно-магматические системы Центрального Алдана // *Геология и геофизика*. – 2006. – Т. 47. – № 7. – С. 850–864.
8. Максимов Е.П. Центрально-Алданская золото-урановорудная магматогенная система (Алдано-Становой щит, Россия) // *Тихоокеанская геология*. – 2010. – Т. 29. – № 2. – С. 3–26.
9. Казанский В.И. Уникальный Центрально-Алданский золото-урановый рудный район (Россия) // *Геология рудных месторождений*. – 2004. – Т. 46. – № 3. – С. 195–211.
10. Глебовицкий В.А. Проблема эволюции метаморфических процессов в подвижных областях. – Л.: Наука, 1973. – 127 с.
11. Астрейко А.Л. Отчет «Разработка критериев разбраковки и оценки золотоносности минерализованных зон комплексного золото-серебро-молибден-уранового оруденения Эльконского горста». – Алдан, ФГУП «Алдангеология», 2003. – 100 с.
12. Казанский В.И., Максимов Е.П. Геологическая позиция и история формирования Эльконского урановорудного района (Алданский щит, Россия) // *Геология рудных месторождений*. – 2000. – Т. 42. – № 4. – С. 212–230.
13. Каждан А.Б., Булыгин Р.М., Кашеев Л.П. О рудоконтролирующей роли глубинных меридиональных разломов в Эльконском урановорудном районе (МГРИ) // Информационный сборник: материалы по геологии урановых месторождений. – М.: ФГУП ВИМС, 1969. – Вып. 6. – С. 27–36.
14. Пилипенко Г.Н. О метасоматитах формации эльконитов, вмещающих крупнейшее золото-урановое оруденение, и об их отличии от гумбеитов // *Физико-химические факторы петро- и рудогенеза: новые рубежи: матер. конф.* – М.: ИГЕМ РАН, 2009. – С. 312–315.
15. Коржинский А.Ф. Гидротермально-измененные породы редкометалльных месторождений Восточной Сибири. – М.: Наука, 1967. – 417 с.
16. Бойцов В.Е., Пилипенко Г.Н., Дорожкина Л.А. Модель формирования комплексных золотоурановых месторождений Центрально-Алданского рудного района // *Известия вузов: Геология и разведка*. – 2006. – № 2. – С. 23–31.
17. Структурно-динамическая модель золоторудных месторождений, образованных в несланцевом и черносланцевом субстрате. Ч. 2. Месторождение Чертово Кoryто (Патомское нагорье) / И.В. Кучеренко, Р.Ю. Гаврилов, В.Г. Мартыненко, А.В. Верховзин // *Известия Томского политехнического университета*. – 2009. – Т. 314. – № 1. – С. 23–38.
18. Вольфсон Ф.И., Яковлев П.Д. Структуры рудных полей и месторождений. – М.: Недра, 1975. – 272 с.
19. Riedel W. Das Aufquellen geologischer Schmelzmassen als plastischer Formänderungsvorgang // *Neues Jb. für Miner., Geol. und Paleont.* – 1929. – Bd. 62. – Abt. B. – S. 151–170.
20. Riedel W. Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen // *Zbl. Mineralogie, Geol. und Paleont.* – 1929. – Abt. B, 30. – S. 354–368.
21. Зайченко А.П., Домаренко В.А. Особенности строения рудовмещающей структуры комплексного золото-уранового месторождения Северное (Эльконский рудный район, Южная Якутия) // *Разведка и охрана недр*. – 2015. – № 7. – С. 7–11.

Поступила 02.04.2015 г.

UDC 553.07

INTERNAL ARCHITECTURE OF ORE-BEARING STRUCTURE OF COMPLEX GOLD-URANIUM DEPOSIT SEVERNOE (ELKON URANIUM ORE REGION)

Andrey P. Zaychenko,

National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin avenue, Tomsk,
634050 Russia. E-mail: andrey.vl@list.ru

Viktor A. Domarenko,

National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin avenue, Tomsk,
634050 Russia. E-mail: viktor_domarenko@mail.ru

Elena V. Peregudina,

National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin avenue, Tomsk,
634050 Russia. E-mail: pere-elena@mail.ru

Relevance of the research is conditioned by insufficient knowledge of the internal structure of deposit Severnoe which is a part of the Elkon ore region (Republic of Yakutia). Interpretation of the internal structure of ore-localizing texture of the deposit will allow selecting more accurately blocks with rich complex gold-uranium mineralization and forming more targeted system of exploration work, avoiding losses during the development of the deposit. Despite the uniqueness of the objects, geographic and economic conditions, complex ores make uranium mining profitable at sufficiently high price for metal. The investigations will allow locating the areas of complex ores and properly gold ones, and significantly increasing the reserves of useful components that can positively influence the situation, as the current internal demands of the country are not replenished by exploiting native deposits and they are compensated by stores, as well as by importation. As a result of investigations there is a possibility to improve the profitability of deposit development and to make safely the import substitution in uranium industry. This technique can be successfully used at the objects with similar geological and structural conditions of mineralization localization.

The aim of the research is to study structural localization conditions of complex gold-uranium mineralization at the deposit Severnoe (Elkon uranium ore region) for identifying the patterns of ore localizing tectonic deformation and studying their behavior in space and placing complex gold-uranium ores inside.

Methods. The authors have studied and processed field geological data using the core photo-documentation. Micromine and Corel Draw software were used in structural sections construction.

Results. The authors determined the internal structure of the ore localizing zone Severnaya, selected the feathering tectonic structures (shear, fault) which formed a complex block-mosaic structure of ore zone and built the deposit structural model.

Key words:

Elkon uranium ore region, Severnoe deposit, shear fracture, fault structure, uranium, gold.

REFERENCES

1. *Uranovy holding* [Uranium holding]. Available at: <http://www.armz.ru/companies/newcompany/elkon/> (accessed 13 January 2015).
2. Rodionov S.M., Fredericksen R.S., Berdnikov N.V., Yakubchu A.S. Epitermalnoe mestorozhdenie zolota Kuranakh (Aldanskiy shchit, Vostochnaya Rossiya [The Kuranakh epithermal gold deposit (Aldan Shield, East Russia)]. *Ore Geology Reviews*, 2014, vol. 59, pp. 55–65.
3. Terekhov A.V. *Rudonostnost gidrotermalno-metasomaticeskikh obrazovaniy Elkonskogo zoloto-uranovorudnogo uzla (Yuzhnaya Yakutiya)*. Dis. Kand. nauk [Ore-bearing hydrothermal-metasomatic formations of the Elkon uranium ore gold-node (South Yakutia)]. Cand. Diss.]. St. Petersburg, 2012. 220 p.
4. Molchanov A.V. *Metalogeniya urana Aldanskogo i Anabarskogo shchitov*. Dis. Kand. nauk [Uranium metallogeny of the Aldan and the Anabar shields. Cand. Diss.]. St. Petersburg, 2004. 373 p.
5. Khomich V.G., Boriskina N.G., Santosh M. Geodynamics of late Mesozoic PGE, Au, and U mineralization in the Aldan shield, North Asian Craton. *Ore Geology Reviews*, 2015, vol. 68, pp. 30–42.
6. Utrobin D.V., Shevchenko V.I., Vorobiev K.A., Shumbasova G.A. Obyasnitelnaya zapiska k gosudarstvennoy geologicheskoy karte Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1:200000 [Explanatory note to the state geological map of the Russian Federation, the scale of 1:200000]. *Aldan Series*. St. Petersburg, Aldangeology Publ., 2002. 301 p.
7. Kochetkov A.Ya. Mezozoyskie zolotonosnye rudno-magmaticheskie sistemy Tsentralnogo Aldana [Mesozoic gold-bearing ore-magmatic systems of Central Aldan]. *Geology and Geophysics*, 2006, vol. 47, no. 7, pp. 850–864.
8. Maksimov E.P. Tsentralno-Aldanskiy zoloto-uranovy rudny rayon (Rossiya) [Central Aldan gold-uranium ore magmatogenic system (Aldan-Stanovoy shield, Russia)]. *Pacific Geology*, 2010, vol. 29, no. 2, pp. 3–26.
9. Kazansky V.I. Unikalny Tsentralno-Aldanskiy zoloto-uranovy rudny rayon (Rossiya) [Unique Central-Aldan gold-uranium ore region (Russia)]. *Geology of Ore Deposits*, 2004, vol. 46, no. 3, pp. 195–211.
10. Glebovitsky V.A. *Problema evolyutsii metamorficheskikh protsessov v podvizhnykh oblastyakh* [Problem of metamorphic processes evolution in moveable areas]. Leningrad, Nauka Publ., 1973. 127 p.
11. Astreyko A.L. *Otchet «Razrabotka kriteriev razbrakovki i otsenki zolotonosnosti mineralizovannykh zon kompleksnogo zoloto-serebro-molibden-uranovogo orudeneniya Elkonskogo gorsta»* [The report «Development of criteria for grading and evaluating gold-bearing mineralized zones of complex gold-silver-molybdenum-uranium mineralization of the Elkon horst»]. Aldan, Aldangeology Publ., 2003. 100 p.
12. Kazansky V.I., Maksimov E.P. Geologicheskaya pozitsiya i istoriya formirovaniya Elkonskogo uranovorudnogo rayona (Aldanskiy shchit, Rossiya) [Geological position and history of formation of the Elkon uranium ore region (Aldan shield, Russia)]. *Geology of Ore Deposits*, 2000, vol. 42, no. 4, pp. 212–230.

13. Kazhdan A.B., Bulygin R.M., Kashcheev L.P. O rudokontroliruyushchey roli glubinnykh meridionalnykh razlomov v Elkonskom uranovorudnom rayone (MGRI) [About ore-controlling role of deep meridional faults in the Elkon uranium ore region (MGRI)]. *Information Collection: materials on uranium deposits geology*. Moscow, 1969. Iss. 6, pp. 27–36.
14. Pilipenko G.N. O metasomatitakh formatsii elkonitov, vmeshchayushchikh krupneyshee zoloto-uranovoe orudenenie, i ob ikh otlichii ot gumbaitov [Metasomatic formation of elkonites, hosting the largest gold and uranium mineralization, and their difference from gumbaites]. *Fiziko-khimicheskie faktory petro- i rudogeneza: novye rubezhi. Materialy konferentsii* [Proc. of the conference. Physical-chemical factors of petro and ore genesis: new frontiers]. Moscow, IGM RAN Press, 2009. pp. 312–315.
15. Korzhinsky A.F. *Gidrotermalno-izmenennye porody redkometalnykh mestorozhdeniy Vostochnoy Sibiri* [Hydrothermal-altered rocks of Eastern Siberia rare metal deposits]. Moscow, Nauka Publ., 1967. 417 p.
16. Boitsov V.E., Pilipenko G.N., Dorozhkina L.A. Model formirovaniya kompleksnykh zolotouranovykh mestorozhdeniy Tsentralno-Aldanskogo rudnogo rayona [Model of formation of complex gold uranium deposits of Central Aldan ore region]. *Proceedings of the universities: Geology and Exploration*, 2006, no. 2, pp. 23–31.
17. Kucherenko I.V., Gavrilov R.Yu., Martynenko V.G., Verkhozin A.V. Strukturno-dinamicheskaya model zolotorudnykh mestorozhdeniy, obrazovannykh v neslantsevom i chernoslantsevom substrate. Ch. 2. Mestorozhdenie Chertovo Koryto (Patomskoe nagorye) [Structural and dynamical model of gold deposits formed in nonshale and blackshale substratum. P. 2. Chertovo koryto Deposit (Patom Highlands)]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2009, vol. 314, no. 1, pp. 23–38.
18. Wolfson F.I., Yakovlev P.D. *Struktury rudnykh poley i mestorozhdeniy* [The structures of ore fields and deposits]. Moscow, Nedra Publ., 1975. 272 p.
19. Riedel W. Das Aufquellen geologischer Schnellmassen als plastischer Formänderungsvorgang [The volume increase of geological mass by plastic strain]. *Neues Jb. für Miner., Geol. und Paläont.*, 1929, Bd. 62, Abt. B, S. 151–170.
20. Riedel W. Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen [The damage mechanism of geological processes]. *Zbl. Mineralogie, Geol. und Paläont.*, 1929, Abt. B, 30, S. 354–368.
21. Zaychenko A.P., Domarenko V.A. Osobennosti stroeniya rudovmeshchayushchey struktury kompleksnogo zoloto-uranovogo mestorozhdeniya Severnoe (Elkonskiy rudny rayon, Yuzhnaya Yakutiya) [The structural features of the ore-hosting structure of complex gold-uranium Severnoe deposit (Elkon ore region, South Yakutia)]. *Exploration and protection of mineral resources*, 2015, no. 7, pp. 7–11.

Received: 02 April 2015.