

УДК 551.24:553.43

## ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ФОРМИРОВАНИЯ УДОКАНСКОЙ РУДОНОСНОЙ СТРУКТУРЫ

© 2002 г. В. С. Салихов

Представлено академиком Ю.М. Пуцаровским 15.03.2002 г.

Поступило 21.03.2002 г.

Исключительное значение для формирования большинства месторождений имеет геодинамический режим областей рудолокализации, состояние земных недр, их активность, что и определяет геотектоническое положение рудных полей и месторождений. Особенно это касается крупных и уникальных объектов, в формировании которых задействованы глубинные сферы Земли. Масштаб таких месторождений определяется размером и интенсивностью проявлений рудогенерирующей флюидно-магматической системы: чем крупнее месторождение, тем более глубокие участки коры и мантии задействованы в рудообразовании, тем крупнее площадь подготовки месторождения, чем само месторождение. К числу подобных месторождений относится Удоканское медное, представляющее широко распространенный геолого-промышленный тип медистых песчаников и сланцев.

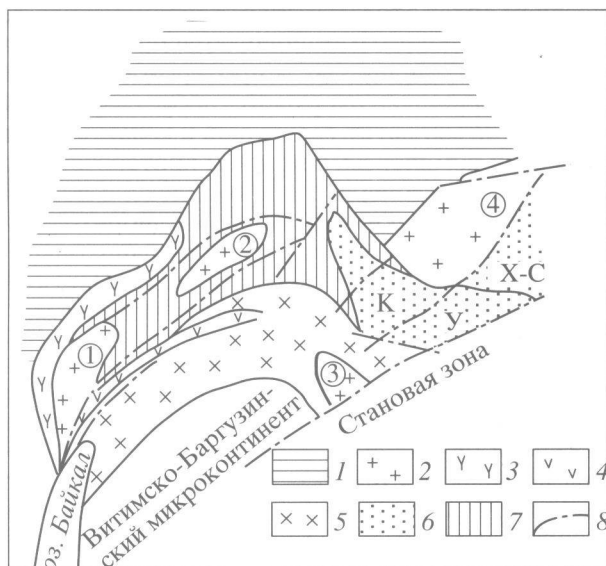
Месторождение размещается в раннепротерозойском Кодаро-Удоканском рифтогенном прогибе, располагающемся на южной окраине Сибирского кратона. Совместно с Байкало-Патомским прогибом он образует крупную депрессионную структуру, которая окаймлена с юга энсиматической Байкало-Муйской островной дугой, заложеной на офиолитовом основании (рис. 1).

Кодаро-Удоканский прогиб находится в зоне регионального сочленения контрастных тектонопар: с одной стороны относительно устойчивый блок Сибирского кратона, с другой – более подвижные, линейные зоны и пояса Байкало-Становой области. Таким образом, геотектоническое положение Кодаро-Удоканского прогиба определяется как активная окраинно-континентальная (периферическая) область деструктивно-коллизийного осадочного (периокеанического) бассейна, заложеного в раннедокембрийское время.

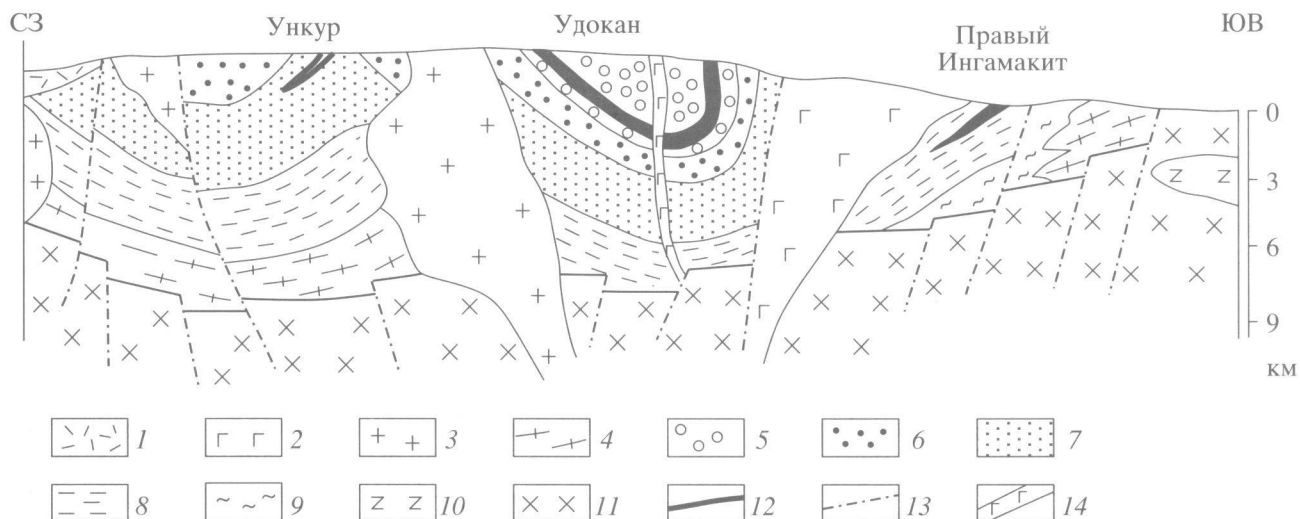
Прогиб выполнен многокилометровой толщей в различной степени метаморфизованных

терригенных, терригенно-карбонатных и вулканогенно-осадочных пород раннепротерозойского возраста, объединенных в удоканскую серию (комплекс), в верхней части которой размещаются продуктивные отложения Удоканского месторождения.

Эндогенная и тектоническая активность в Удоканском меднорудном районе начинает сказываться задолго до накопления промышленных руд, проявляется она и после основного этапа рудообразования. Активность подтверждается на региональном, локальном и на микроскопическом уровнях.



**Рис. 1.** Геолого-структурная схема Байкало-Становой рифтовой зоны (с использованием данных [1, 5]). 1 – Сибирская платформа; 2 – выходы докембрийского кристаллического фундамента (цифры в кружках – поднятия: 1 – Чуйское, 2 – Тонодское, 3 – Муйское, 4 – Чарское); 3 – акитканский вулканогенный пояс; 4 – Олоkitский рифтогенный прогиб позднего рифея; 5 – офиолитовый пояс (Байкало-Муйская дуга); 6 – раннепротерозойский рифтогенный прогиб; зоны: К – кодарская, У – удоканская, Х-С – Хани-Субганская); 7 – Байкало-Патомский прогиб; 8 – тектонические нарушения.



**Рис. 2.** Строение Удоканского рифтогенного прогиба (по [3] с изменением). 1 – четвертичные отложения Чарской впадины; 2 – габбро-нориты чинейского массива; 3 – рапакиви-гранитный кодарский комплекс; 4 – гнейсо-граниты куандинского комплекса; 5–9 – отложения удоканского комплекса: 5 – намингинская свита и верхнесакуканская подсвита, 6 – средняя сакуканская подсвита, 7 – нижняя сакуканская подсвита, 8 – чинейская серия (нерасчлененная), 9 – кодарская серия (нерасчлененная); 10 – анортозиты каларского комплекса; 11 – архейский кристаллический фундамент; 12 – меденосный горизонт; 13 – тектонические нарушения; 14 – дайка габбро-диабазов.

Периодические проявления эндогенной активности в Кодаро-Удоканском прогибе и его обрамлении подтверждаются магматизмом, проявленным в течение длительного промежутка времени: в позднем архее это магматизм тепраканского перидотит-габбрового и станового магматит-плаггио-гранитного комплексов, в протерозое – чинейский расчлененный анортозит-габбро-норитовый, куандинский мигматит-гранитный и кодарский гранитоидный комплексы, в позднем протерозое – доросский габбро-долеритовый комплекс, в позднем палеозое – ингамакитский монцонитдиорит-гранитовый, в юре – эймнахский лейкогранитовый и лампрофировый комплексы, а в мезо-кайнозое – широкое развитие базальтоидного вулканизма и дайкового комплекса.

Унаследованное проявление активности и ее неоднократное возобновление в пределах рассматриваемой части Байкало-Становой рифтовой зоны подчеркивается сосредоточенным магматизмом и неоднократным появлением здесь разноориентированных рифтогенных структур. Длительное существование аномальной мантии подтверждается типом и характером оруденения, а также наличием субщелочных и щелочных с калиевой составляющей (в том числе ультракалиевых) массивов: в среднем и позднем палеозое – это сынныриты, в мезозое – Мурунский щелочной массив, в кайнозое – калиевые вулканы: тефриты и мелалейциты.

В настоящее время тектоническое положение Кодаро-Удоканского прогиба трактуется по-разному, что свидетельствует об его сложном и дли-

тельном развитии, неоднородном внутреннем строении. Однако многие исследователи находят в рассматриваемом прогибе рифтовое начало, его рифтовую природу [1, 8 и др.], что подчеркивает эндогенную активность этого региона, подтверждаемую следующими данными:

1) положение Кодаро-Удоканского и смежного с ним Байкало-Патомского прогибов в крупной шовой зоне по периферии Сибирской платформы (окрайно-континентальный тип сочленения; конвергентная граница плит), на ее пересечении с субмеридианальной зоной глубинных разломов;

2) наличие классического тектонически разобщенного комплементарного габбро-анортозит-рапакиви-гранитного комплекса – свидетеля активных глубинных геодинамических процессов [6];

3) наличие в районе многочисленных кольцевых овально-купольных структур различного масштаба и разной природы;

4) раздробленно-блоковое (мозаично-блоковое) строение фундамента (по геолого-геофизическим данным) с амплитудой смещения в 3 км и более (рис. 2), нередко по листрическим разломам;

5) пояс раннепротерозойских даек габбро-диабазов северо-восточного простирания, а в пределах Намингинской мульды с амплитудой раздвига до 150 м (Центральная дайка, которая рассматривается как основной компонент рудообразующей системы);

6) конседиментационный характер прогиба и составляющих его мульд, в частности Намингинской, т.е. формирование самой рудоносной струк-

туры депрессионного типа на фоне некоторого расширения, подчеркиваемого серией параллельных даек;

7) увеличение степени метаморфизма от центральной части прогиба к его периферии, где широко развиты породы куандинского комплекса (гранито-гнейсы), и зональность метаморфизма, например в пределах Намингинского района, отображающая блоковое строение и латеральную неоднородность деформаций;

8) ряд структурно-текстурных признаков, свидетельствующих об эндогенной активности среды рудоотложения (брекчии взламывания, оползневые текстуры и др.);

9) унаследованный характер рифтогенеза в рассматриваемом регионе вплоть до формирования современной рифтовой системы.

Рифтовая природа Кодаро-Удоканского прогиба подчеркивается и правилом (или законом) Шатского – любые крупные (с мощностью осадков 5 км и более) осадочные бассейны развиваются над рифтовыми прогибами.

Другими рифтогенными признаками прогиба, а следовательно, признаками его активности являются: 1) троговый характер прогиба, ограниченный системами долгоживущих глубинных разломов; 2) уменьшение мощности земной коры по данным ГСЗ и гравиметрии; 3) германотипная складчатость; 4) состав и структура осадочных и вулканогенно-осадочных формаций; 5) антидромная направленность развития сопутствующего вулканизма [1].

Строение Кодаро-Удоканского прогиба неоднородно. В нем выделяются центральные Кодарская и Удоканская подзоны, разделенные выступами архейского фундамента. В свою очередь в Удоканской подзоне выделяются грабен-синклинальные структуры, отвечающие крупным рудным районам (Намингинский, Икабья-Читкандинский, Бурпалинский, Ункурский) и являющиеся частями более крупного палеобассейна, что сопоставляется с неоднородным строением современных рифтовых зон.

Сравнение геофизических полей – гравитационного, геомагнитного с использованием результатов глубинного сейсмического зондирования (Д.А. Солодов, Е.С. Егоров, С.М. Зарубин, В.М. Кравченко) показывает, что Кодаро-Удоканская зона наиболее напряженная в Олекмо-Витимской горной стране. Фундамент зоны имеет блоковое строение, а в Намингинском районе наблюдается крупный тектонический блок погружения архейского фундамента до глубины 6 км с гравитационным минимумом отрицательного знака высокой напряженности [3].

По геофизическим данным рудные районы и поля распространения медистых песчаников тяготеют к краевым купольным зонам геофизичес-

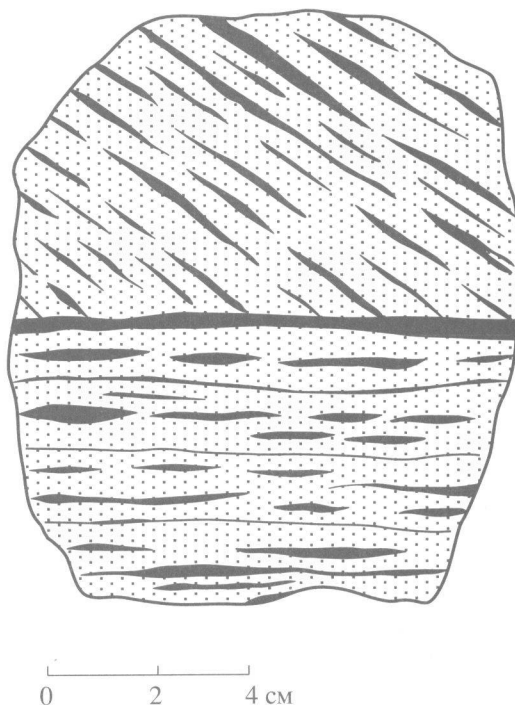


Рис. 3. Псевдокосослоистая текстура оруденелого метаморфизованного песчаника, обусловленная минерализованными трещинами кливажа (участок Центральный).

ких аномалий и располагаются на склонах погружения фундамента, т.е. вдоль зон глубинных разломов, которые отражаются гравитационными аномалиями.

Формирование рифтовой зоны связывается с подъемом мантийного диапира (что подтверждается региональным гравитационным минимумом), сопровождавшимся раздвиговыми деформациями во вмещающей раме и накоплением пород трогового комплекса (обычно имеющих секущее положение к главной рифтовой зоне).

Таким образом, рудоносная структура Удоканского месторождения за время своего существования испытывала неоднократные деформации, сопровождавшиеся динамическими эффектами, особенно активными в зонах разломов, т.е. рудоносная структура возникает в тектонически активной области, где активное участие принимает термальная флюидная фаза; существенное значение имеет проницаемость среды и анизотропное поле тектонических напряжений. Именно в этих зонах усиливаются динамические эффекты и значительно изменяются электрический потенциал и магнитная восприимчивость горных пород, их температуропроводность, окислительно-восстановительный потенциал и возрастает движение флюидов, что многократно усиливает в таких структурах рудообразующий процесс [9].

Активность Удоканской рудоносной структуры подчеркивается и крупными тектоническими нарушениями, размещаемыми в пределах Удоканского рудного поля, придающими последнему структуру “битой тарелки”. Один из продуктивных разломов – раздвигов располагается в центре Намингинской мульды, “залеченный” позднее дайкой габбро-диабазов, мощностью до 150 м. Это разрывное нарушение являлось главной транзитной магистралью функционировавшей здесь крупной, рудоносной флюидно-магматической системы. Веществом центральной Намингинской дайки служили те же магматические расплавы, которые сформировали и Чинейский габбро-норитовый расслоенный плутон. С этим массивом связано комплексное ванадий-железо-медное с платиной оруденение, т.е. источники рудного вещества стратиформного типа и медного оруденения в расслоенных габброидах были одни и те же, о чем свидетельствуют, кроме структурно-геологических (см. рис. 2), и минералого-геохимические данные (общая обедненность серой для всех типов руд, наличие хромитовых горизонтов в Удоканской серии, палладиевая направленность металлов платиновой группы Удоканского и Чинейского месторождений).

Кобальт-никелевое отношение в пиритах Чинейского массива более свидетельствует о мантийном источнике рудного вещества, а флюидно-магматическая и рудная проработки вмещающей среды Удоканской структуры начались задолго до внедрения габброидного плутона, генерировавшего в районе по крайней мере два типа оруденения: стратиформный в песчаниках и медно-никелевый в расслоенных габброидах. Имеются в районе и предпосылки медно-порфирового с молибденом оруденения, что свидетельствует о самоорганизации меденосной рудно-магматической системы [7].

Активность Удоканской рудоносной структуры и среды рудоотложения подтверждается также следующими данными:

1. Наличие турбидитов и олистостром в талаканской (нижнесауканской) свите [2], подстилающей основные промышленные скопления руд.

2. Широкое развитие маломощных прослоев конглобрекчий и известковистых песчаников с пудинговой структурой в разрезе продуктивной части сауканской свиты, образование которых связывается с сейсмической активностью, т.е. последняя явилась своего рода триггером кратковременных водных потоков. Наибольшее количество “сейсмогенных” песчаников наблюдается по южному обрамлению Намингинской мульды, что свидетельствует о широком проявлении здесь деформационных процессов, выразившихся позднее в запрокидывании южного сегмента синклинали и образовании шарьяжно-надвиговых струк-

тур. Мощность прослоев песчаников обычно составляет 0.3–0.6 м, протяженность до 1.5 км, они с разрывом залегают на подстилающие отложения. В песчаниках наблюдаются различной величины угловатые обломки темно-серых алевролитов и аргиллитов (кварц-полевошпат-слюдистых микросланцев), а отношение таких песчаников в продуктивной части свиты к непродуктивной части составляет 7:1.

3. Наличие послонных зон интенсивной трещиноватости, контролирующей рудоотложение, что создает впечатление конседиментационного накопления рудного вещества и рисунок ложной горизонтальной слоистости. Возникающие зонки трещиноватости являются участками разуплотнения, более проницаемые для рудного вещества и благоприятные для осаждения полезного компонента.

4. Наличие оруденелых трещин кливажа, косо ориентированных к нормальной слоистости, что создает рисунок ложной косоугольной слоистости (рис. 3).

5. Наличие в ряде мест (Сюльбанский район) тектонического бластомеланжа с образованием псевдоконгломератов в основании сауканской свиты.

Резюмируя данные о геотектоническом режиме Кодаро-Удоканского прогиба и прилегающих территорий Забайкальского севера, следует особо подчеркнуть, что южное обрамление Сибирского кратона, в пределах Байкало-Становой полициклической рифтогенной зоны, является одним из особо аномальных участков литосферы на континентальном блоке Земли, причем с заметной медной направленностью глубинного мантийного субстрата, что подтверждается соответствующим оруденением (совместно с молибденом и серебром) и на мезо-кайнозойском этапе развития Кодаро-Удоканского района Северного Забайкалья [10].

Современные геодинамические исследования и построения подтверждают внутрикоровую и мантийную активность, а также устойчивое положение юго-восточного обрамления Сибирского кратона, который оказывал влияние на внутримантийные конвекции начиная с раннего докембрия до кайнозоя [5]. Крупные преобразования и высокая активность, начавшаяся здесь более 2.0 млрд. лет назад, продолжают и поныне в пределах располагающегося здесь современного Байкальского рифта. Вспышки эндогенной активности сопровождалась появлением крупных и уникальных объектов различных полезных ископаемых. Это докембрийские Удоканское медное и Катугинское редкометальное с криолитом месторождения, а также комплексное оруденение расслоенных плутонов Чины и Йоко-Довырена, Холоднинское колчеданно-полиметаллическое месторождение рифея и уникальные калиевые

“протуберанцы” – сынныриты верхнего палеозоя, мезозойские высококачественные угли с метаном Апсата. Причем уникальные объекты – Катугино, Чины, Удокана тяготеют к крупной шовной зоне (в фундаменте) северо-западного простирания, ограничивающей с юга Кодаро-Удоканский прогиб. Следует подчеркнуть, что в формировании уникальных объектов, кроме эндогенной активности, принимают участие множество других известных факторов, но сочетание последних на конкретном объекте сугубо индивидуально, что вносит существенный элемент непредсказуемости в конкретном прогнозировании таких месторождений.

В регионе следует ожидать находки крупных и нетрадиционных объектов, каковыми могут быть месторождения, связанные с ультраосновным и щелочным магматизмом (хромитовые объекты с платиноидами, алмазоносные трубки и редкометалльные карбонатиты) и УВ-сырье.

По аномальности регион сопоставим с Южно-Африканским блоком, а также с Печенга-Имандра-Варзугской рифтовой зоной сверхдлительного развития [4], где наряду с медно-никелевыми объектами присутствуют уникальные щелочные массивы и единственный в своем роде апатитовый гигант – Хибины.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Апольский О.П.* // ДАН. 1984. Т. 277. № 2. С. 438–442.
2. *Бурмистров В.Н.* // Геология и геофизика. 1990. № 3. С. 26–34.
3. *Володин Р.Н., Четкин В.С., Богданов Ю.В. и др.* // Геология руд. месторождений. 1994. Т. 36. № 1. С. 3–30.
4. *Казанский В.И., Кузнецов А.В., Кузнецов О.Л. и др.* // Геология руд. месторождений. 1994. Т. 36. № 6. С. 50–519.
5. *Конников Э.Г., Кислов Е.В., Орсов Д.Д.* // Геология руд. месторождений. 1994. Т. 36. № 6. С. 545–553.
6. *Моралев В.М., Глуховский М.З.* // Изв. вузов. Геология и разведка. 1994. № 4. С. 3–11.
7. *Салихов В.С.* // ДАН. 2001. Т. 379. № 2. С. 237–240.
8. *Салихов В.С.* Генезис редкометалльных и свинцово-цинковых стратиформных месторождений. М.: Наука, 1986. С. 62–72.
9. *Старостин В.И.* // Вест. МГУ. Сер. 4. Геология. 1994. № 3. С. 3–18.
10. *Ступак Ф.М.* // Геология и геофизика. 2000. Т. 41. № 11. С. 1582–1593.