

Удоканское месторождение медистых песчаников

В.С. Четкин, Р.Н. Володин, Л.Ф. Наркелон,
А.И. Трубачев, Ю.В. Быков, Г.Е. Маркевич

Краткая история открытия и изучения

Удокан относится к типу медистых песчаников, являющихся одним из главнейших среди всех (а их около 10) промышленно-генетических представителей медных месторождений. По своим параметрам, составу, строению и экономическим показателям Удоканское месторождение находится в ряду уникальных объектов.

Открытие месторождения в 1949 г. Е.И. Буровой, К.К. Денисовым в центральной части Удоканского хребта послужило огромным толчком для проведения в этом регионе обширных геологических работ: съемок различного масштаба, поисков, оценки и разведки многих полезных ископаемых, в первую очередь меди, редких металлов, железа, угля, стройматериалов, подземных и минеральных вод.

В результате всех видов исследований к настоящему времени на севере Читинской области, в пределах Кодаро-Удоканской зоны, фактически доказано и обосновано выделение меденосного пояса, являющегося дополнением к тем рудным поясам, которые были установлены в 30-40-х гг. С.С. Смирновым на территории Южного и Центрального Забайкалья.

В истории изучения Удоканского месторождения, меденосного пояса и забайкальского севера выделяется несколько основных этапов, в которых отразились героизм и драматизм развития нашей геологии, промышленности, да и всей истории СССР и России. Подробная характеристика указанных этапов дана в специальной статье (Трубачев, 1993). Здесь же укажем, что в результате всех проведенных работ Удоканское месторождение подготовлено к эксплуатации.

Геологическое строение региона

Удоканское и подобные ему месторождения медистых песчаников находятся в пределах Кодаро-Удоканской металлогенической зоны, ограниченной архейскими глыбами — на севере Чарской, на юге — Становой зоны.

Архейский фундамент представлен мощной (до 12 км) толщей кристаллических сланцев, гнейсов, частично мраморов, кварцитов и амфиболитов. К архею же относятся формационные комплексы шовных прогибов и зон гранитизации, представленные метаморфизованными вулканогенно-осадочными толщами, интрузиями перидотитов, пироксенитов, габбро, анортозитов; плагиогранито-гнейсами, плагиогранитами, гранитами, мигматитами, метасоматитами. С архейскими комплексами связаны железистые кварциты, апатит-магнетитовое, магнетит-скарновое, цирконово-ильменитовое оруденение.

Кодаро-Удоканский прогиб выполнен мощным (9-12 км) раннепротерозойским карбонатно-терригенным формационным удоканским комплексом, а также палингенно-метасоматическими и интрузивными гранитоидами и габброидами. В составе удоканского комплекса выделены следующие формации:

1) углеродсодержащая песчано-сланцевая флишоидная сероцветная (кодарская серия);
2) карбонатно-алевролитно-песчаная моласоидная пестроцветная (чинейская серия);
3) алевролитно-песчаная моласоидная пестроцветная (кеменская серия).

Осадочные породы претерпели ряд преобразований, главным образом регионального и контактового метаморфизма, обусловленных общим погружением толщ, развитием пликативных и дизъюнктивных дислокаций, широким проявлением гранитизации, разновозрастного интрузивного магматизма (куандинский, катугинский, кодарский и другие комплексы). В отложениях удоканского комплекса установлены следующие наиболее перспективные меденосные стратоединицы: читкандинский, александровский, сакуканский, частично икабийский и намингинский (Богданов и др., 1966, 1973, 1985; Бородаевская и др., 1985; Володин, 1989; Володин, Охота, 1988; Володин и др., 1994; Наркелон и др., 1968, 1977, 1983, 1990). В пределах Верхне-Каларской депрессии сохранилась пестроцветная терригенно-карбонатная венд-кембрийская формация.

С Куандинским мигматит-гранитным комплексом связано редкометально-редкоземельное оруденение; катугинский комплекс щелочных метасоматитов обогащен танталом, ниобием, цирконием, редкими землями, криолитом; кодарский комплекс гранитоидов наиболее перспективен на редкие металлы.

Тектономагматическая активизация региона проявилась в рифее, позднем палеозое и мезокайнозое. С рифейским этапом связано внедрение интрузий и даек габбро-анортозит-норитовой формации чинейского комплекса, несущего в себе титано-железо-ванадиевое и комплексное медно-благородно-метальное оруденение (Гонгальский, Криволицкая, 1993).

В палеозойский этап произошло становление гипабиссального платформенного ингамакит-сакуканского комплекса, сложенного ультраосновными, основными, щелочными породами.

Мезозойский редкометаллоносный магматизм представлен щелочно-гранитоидной и нефелино-сиенитовой магматическими формациями. С этапом мезокайнозойской активации связано образование

впадин (Верхне-Каларская, Апсатская с юрско-меловыми угленосными толщами; Чарская, Нижнеингамитская с кайнозойскими рыхлыми аллювиальными, озерно-ледниковыми (частично золотоносными) отложениями; проявление дайкового (мезозойские лампрофиры, фельзиты, кварцевые порфиры и эффузивного (неоген-четвертичные покровные базальты) магматизма.

Характеристика геологии и оруденения месторождения

Удоканское месторождение расположено в центральной части Кодаро-Удоканской структурно-фациальной зоны (рис.1) и приурочено к Намингинской брахисинклинали, вытянутой в северо-западном направлении.

В ядре этой структуры обнажаются породы намингинской свиты, в крыльях – сакуканской свиты (рис.2). В пределах месторождения сакуканская свита расчленена на нижнюю (или талаканскую

свиту), среднюю и верхнюю подсвиты. В верхней подсвите установлены подрудная, рудная и надрудная пачки или горизонты (Бакун и др., 1958; Богданов и др., 1966, 1973; Наркелюн и др., 1968). Меденосный горизонт, как занимающий вполне определенное стратиграфическое положение, в пределах месторождения является маркирующим и хорошо подчеркивает его структуру. На северо-западе брахисинклинали имеет асимметричную форму – с северо-восточным и юго-западным падением крыльев к шарниру складки под углами соответственно $10-30^\circ$ и $30-70^\circ$. Далее к юго-востоку, в центральной части месторождения, угол падения северо-восточного крыла увеличивается до $40-80^\circ$, а юго-западное крыло приобретает опрокинутое падение под углом $40-50^\circ$. У юго-восточного замыкания брахисинклинали сохраняет симметричную форму с падением крыльев к шарниру складки.

К крупным разрывным нарушениям, пересекающим брахисинклинали, относятся залеченные дайками габбро-диабазов огромные (мощностью более 100 м) трещины отрыва и разломы. Главная и Водо-

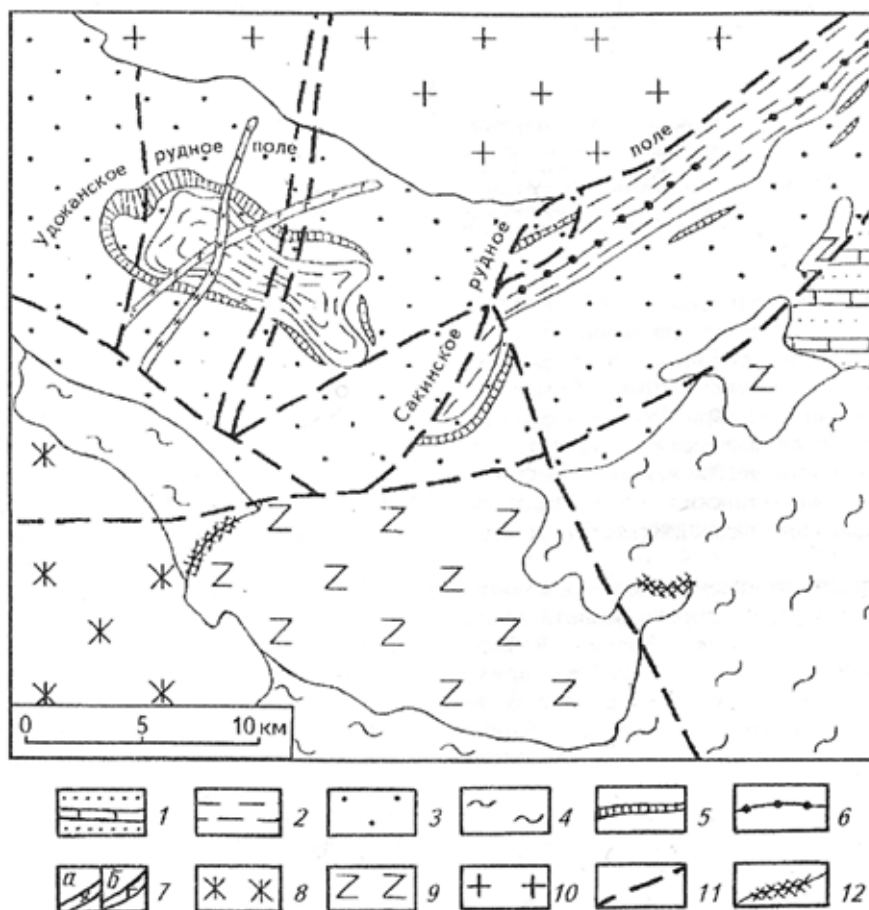


Рис.1 Позиция Удоканского рудного поля в геологических структурах Намингинского рудного района:

1 – отложения венд-раннекембрийской пестроцветной терригенно-карбонатной формации Каларской впадины; 2-4 – осадочно-метаморфизованные формации раннепротерозойского удоканского комплекса: 2 – намингинской свиты, 3 – сакуканской свиты, 4 – чинейской серии (бутунской, александровской и читкандинской свит); 5 – горизонты медистых песчаников в составе сакуканской свиты; 6 – горизонты медистых песчаников и алевритов в составе намингинской свиты; 7 – дайки лампрофиринов (а) и габбро-диабазов (б); 8 – граниты и граносиениты интамакитского интрузивного комплекса; 9 – габброиды чинейского интрузивного комплекса; 10 – граниты и гранодиориты кодарского интрузивного комплекса; 11 – разрывные нарушения; 12 – комплексное благороднометалло-медное оруденение в эндо- и экзоконтактах массива габброидов чинейского интрузивного комплекса

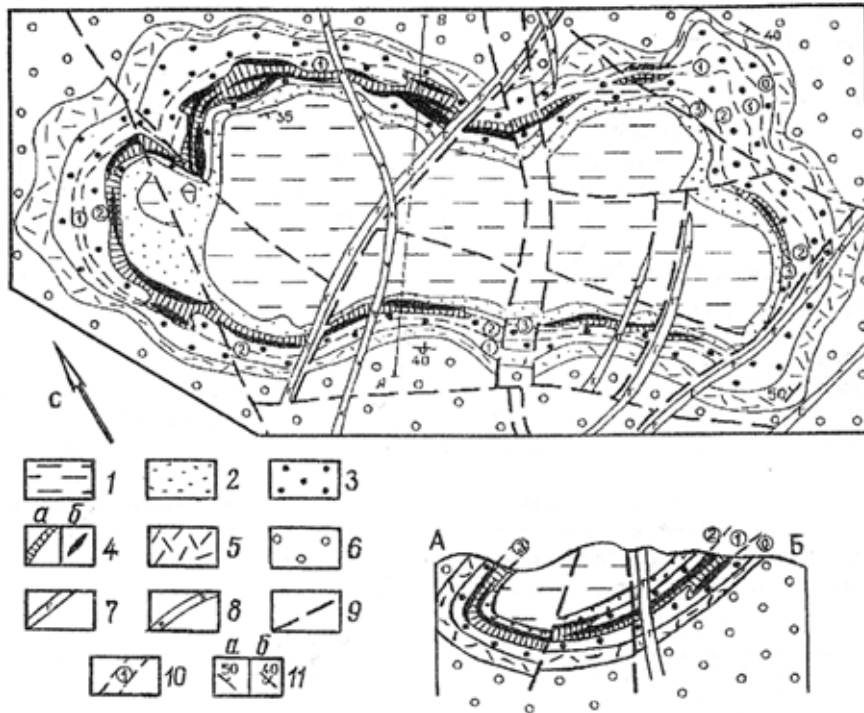


Рис. 2. Геолого-структурная схема Удоканского месторождения:

1 - песчано-аргилито-алевритовые отложения намингинской свиты; 2-5 - алевритито-аргиллит-песчаные отложения верхней сакуканской подсвиты: 2 - надрудная толща, 3 - рудная толща, 4 - горизонт медистых песчаников (а) и рудные тела медистых песчаников (б), 5 - подрудная толща; 6 - песчаные отложения средней сакуканской подсвиты; дайки: 7 - габбро-диабазов, 8 - лампрофиров и кварцевых порфиров; 9 - разрывные нарушения; 10 - рудоносные стратиграфические уровни и их номера (цифры в кружках); 11 - элементы залегания пород: а - нормальное залегание, б - опрокинутое залегание

раздельная дайки пересекают складку с юго-запада на северо-восток и делят ее на три основных блока: западный, центральный и восточный. Амплитуда перемещения вдоль даек в северном крыле около 50 м, в южном до 1500 м, смещение западного блока относительно центрального 250 м. Восточный блок приподнят относительно центрального почти на 1000 м. На юге месторождения зафиксирован намингинский субширотный надрыв протяженностью 6 км с падением смесителя на северо-восток.

В рудовмещающих отложениях месторождения, в покрывающих их породах широко развита также сеть более мелких тектонических трещин. В большинстве случаев это закрытые "пустые" трещины с зеркалами скольжения и тектонической глиной, но к некоторым из них приурочены жилы различного состава: кварцевые, кварц-кальцитовые, кальцитовые, хлорит-эпидотовые и др.

Непосредственно на месторождении и в ближайших его окрестностях магматические породы представлены гранитоидами Кеменского и Ингамакитского массивов, габбро-норитами Чинейского плутона и дайковым комплексом (см. рис. 1).

Рудоносные породы Удоканского месторождения представлены метаморфизованными кварц-полевошпатовыми и полевошпат-кварцевыми песчаниками и алеврититами с кварц-серицитовым (кварцитовидные песчаники) и известковистым цементом (известковистые песчаники), включающими прослойки магнетитсодержащих

песчаников, аргиллитов, конгломерато-брекчий и песчаных известняков.

В размещении этих типов пород по разрезам рудоносной толщи наблюдается ритмичность. Основанием каждого ритма является четко выраженная поверхность размыва тонкозернистых глинистых пород, на которой залегают известковистые среднезернистые песчаники, содержащие брекчиевидные обломки подстилающих пород. Известковистые песчаники сменяются выше кварцитовидными мелкозернистыми песчаниками, которые составляют основную часть ритма (50-80%). Завершается ритм мало мощными алевропесчаниками, алеврититами, его верхняя граница имеет четкие следы размыва.

Латеральные взаимоотношения главных типов пород на месторождении весьма сложные - это, как правило, линзовидно-пластовое переслаивание их, с частым и быстрым выклиниванием. В целом же характерен парагенезис различных песчаников, но по направлению с севера на юг от области сноса в сторону бассейна седиментации, намечается смена кварцитовидных песчаников известковистыми (рис. 3). Очень часто в отложениях рудоносного горизонта отмечаются локальные, нередко руслообразные размывы осадков, прослеживающиеся по простиранию пород на расстоянии первых, реже - десятков метров. Наиболее интенсивные внутриформационные размывы отмечаются в известковистых песчаниках, залегающих в основании рит-

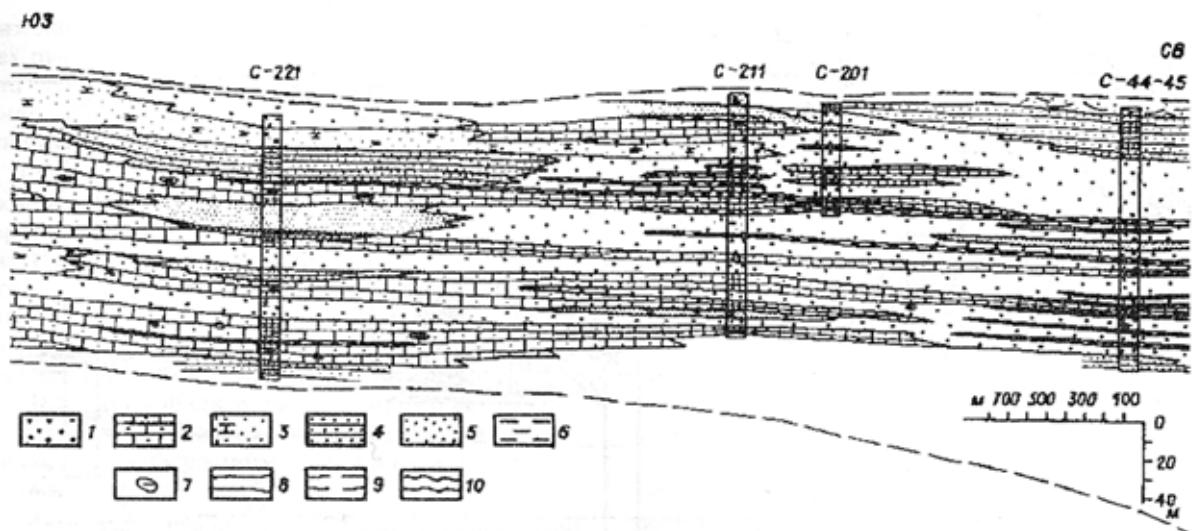


Рис. 3. Строение рудоносного горизонта Удоканского месторождения (литологический профиль поперечного сечения Намингинской мульды):

1 – массивные кварцитовидные мелкозернистые песчаники; 2 – известковистые песчаники мелкозернистые; 3 – слабоизвестковистые мелко-тонкозернистые песчаники; 4 – слоистые мелко-тонкозернистые песчаники; 5 – тонкозернистые массивные песчаники; 6 – алевролиты и аргиллиты; 7 – косослоистые мелкозернистые кварцитовидные песчаники; 8 – обломки алевролитов и аргиллитов; 9 – границы литологические; 10 – контуры рудоносного горизонта; 11 – размытая поверхность напластования

мов. Размыты пород сопровождаются присутствием конгломерато-брекчий – угловатых, иногда пластически деформированных и слабо окатанных обломков тонкозернистых песчаников, алевролитов и аргиллитов, включенных в мелко- и среднезернистые песчаники. Данные замеров косою слоистости и ориентировка руслообразных размытов показывают на привнос кластогенного материала при образовании рудоносных пород с северо-восточного и северо-западного направлений (Богданов и др., 1966; Кренделев и др., 1983).

На поверхности напластования алевролитов, аргиллитов и реже тонкозернистых песчаников, особенно в верхней части разреза, наблюдаются знаки ряби и пятиугольные трещины усыхания.

В рудоносных отложениях широко распространены межпластовые брекчии оползания и взламывания, нарушения слоистости и напластования отложений, текстуры взмучивания, образовавшиеся в результате оползневых процессов в пластичных, еще не литифицированных, осадках. Наличие частых внутриформационных размытов, нередко приобретающих характер руслообразных протоков, сопровождаемых седиментационными конгломерато-брекчиями, оползневые образования, знаки ряби и трещины усыхания довольно убедительно указывают на мелководные условия и весьма подвижную гидродинамическую обстановку при накоплении рудоносных осадков.

В фаціальном отношении породы надрудной пачки представляют собой отложения бассейна малых глубин и прибрежно-морского мелководья; рудной пачки – фации наземной и подземной частей дельты, лагун, заливов и прибрежно-морского мелководья; подрудной пачки – прибрежно-морских фаций открытого моря (Богданов и др., 1966; Наркелюн, 1968,

1977, 1983, 1990; Володин, Охота, 1988). В изменении фаціальных комплексов рудной пачки отмечены закономерные взаимоотношения: на севере развиты в основном подводно-дельтовые фации, мощность их отложений к югу постепенно падает; в центре эти отложения исчезают и на их месте развиваются лагунные отложения. Отмечено явление возрастной миграции парагенезисов пород, фаций и минеральных типов оруденения снизу вверх по разрезу, в направлении с севера на юг и с востока на запад.

Анализ химического состава главных представителей пород месторождения свидетельствует о том, что по основным параметрам, кроме повышенного содержания меди, они мало отличаются друг от друга. В известковистых песчаниках наблюдается примерно двукратное увеличение содержания двуокиси углерода и CaO. Во всех породах отмечено повышенное содержание кремнезема. Один из авторов (Р.Н. Володин) ранее указывал на более высокое содержание извести в отложениях морских и заливно-лагунных фаций рудной и подрудной пачек, кроме того, повышенная известковистость характерна для лагунных отложений с пирит-халькопиритовым оруденением.

Рудовмещающие и рудоносные породы месторождения претерпели разновозрастные вторичные изменения, интенсивность и характер которых определяются условиями их образования, первичным составом, положением в разрезе и на площади, где вторичные преобразования контролируются наличием магматических комплексов.

По характеру и интенсивности вторичных изменений породы относятся к завершающей стадии регионального эпигенеза – метабенеза и характеризуются полной перекристаллизацией глинистого це-

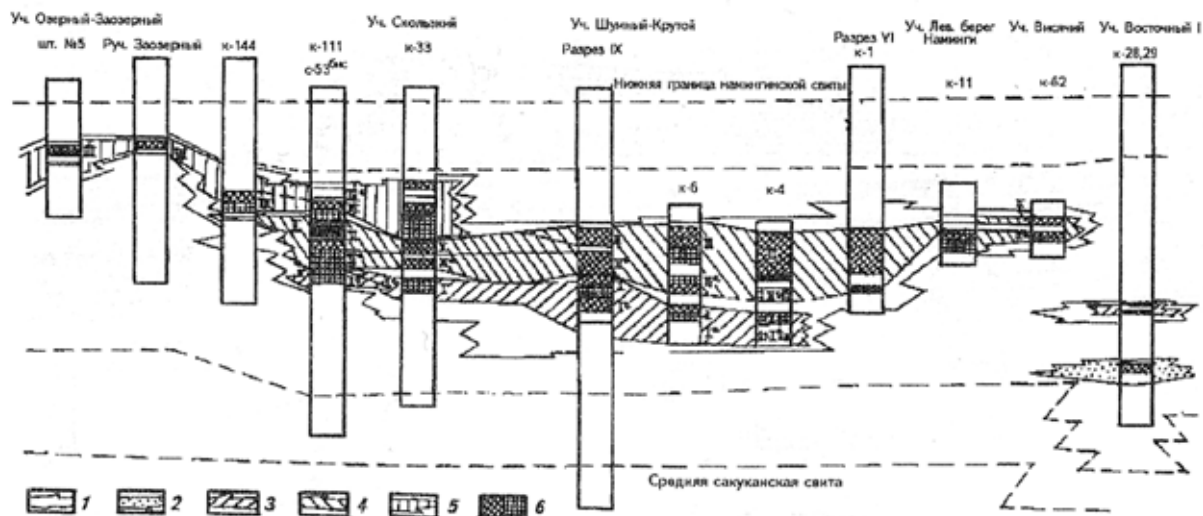


Рис. 4. Схема корреляции рудоносных горизонтов и рудных тел по участкам Удоканского месторождения:

1 – границы меденосных горизонтов; уровни рудных тел: 2 – рудное тело 0; 3 – рудные тела 1, 1а, 1б; 4 – рудные тела 11, 11а, 11б; 5 – рудные тела 111, 111а, 111б; 6 – руды балансовые (1) и забалансовые (2)

мента с образованием серицита, мусковита и хлорита, а для известковистых разностей – перекристаллизацией карбонатного вещества и начальной стадией мраморизации. Формируются кварцевые, кальцитовые, полевошпатовые, эпидотовые и другие жилы с сульфидами (Наркелюн и др., 1977; Салихов, 1973). Контактный метаморфизм наблюдается в связи с воздействием даек габбро-диабазов, он проявлен ороговикованием, альбитизацией, эпидотизацией и локальным перераспределением сульфидов меди с изменением их состава в местах пересечения рудовмещающих пород с дайками (Богданов и др., 1966; Наркелюн и др., 1968, 1977; Юргенсон, 1967). С гранодиоритовыми и габбро-диабазовыми интрузиями связывается образование альпийских жил, которые выполняют различного рода трещины.

Рудоносный горизонт Удоканского месторождения залегает согласно с напластованием вмещающих пород, прослеживается в пределах строгого стратиграфического уровня (рудная пачка верхнесакуканской подсвиты). Контуры его проводятся по появлению в породах видимой вкрапленности медных минералов с содержанием меди около 0,1%. Рудоносный горизонт содержит в своем составе рудные тела или залежи, оконтуриваемые по данным опробования согласно существующим кондициям. Переходы между рудными телами ветвящиеся, взаимосвязанные, расщепляющиеся и др.

На площади месторождения отчетливо выделено четыре основных уровня, в пределах которых располагаются рудные залежи (рис. 4).

Нижний (нулевой) уровень распространен на востоке месторождения в основании рудоносного горизонта. Он соответствует начальному этапу рудоотложения, в других местах месторождения не за-

фиксирован. Первый уровень развит на северном и частично на западном флангах месторождения. Здесь рудные залежи образуют обособленные линзы, вытянутые с северо-востока на юго-запад. Наибольшие площади рудные залежи занимают на участках Шумный-Крутой и Секущий. Второй уровень – один из основных на месторождении. Его рудные тела являются главными на участках Шумный-Крутой и Левый борт Наминги, широко, но менее компактно проявлены на участках Скользкий, Секущий, Блуждающий, Медный. На южном фланге месторождения (участки Снежный, Заозёрный, Левая Наминга) оруденение этого уровня представлено отдельными линзами, вытянутыми в северо-восточном направлении. В центре месторождения второй уровень включает в себя обширную залежь с неровными извилистыми границами с частыми безрудными участками; на западе рудоносность этого уровня имеет прерывистый характер. Третий уровень меденосности является главным на западном, южном и восточном фланге месторождения (участки Скользкий, Секущий, Блуждающий, Медный, Снежный, Левая Наминга, Восточный-II). Отложения этого уровня представлены комплексом фаций подводной дельты, подводных протоков, чередующихся по латерали и вертикали с заливно-лагунными и прибрежно-морскими фациями. В центре месторождения (участки Шумный-Крутой, Левый борт Наминги) этот уровень представлен комплексом надводно-дельтовых фаций, практически не несущим оруденения.

В общей совокупности все рудные залежи в плане месторождения образуют серию рудных полос, или лент, протягивающихся вкостр простирания мульды с северо-востока на юго-запад (Наркелюн и др., 1977), что свидетельствует о постепенном про-

движении в этом направлении палеодефты. Для всех рудных тел характерны изменчивость и "пестрота" распространения мощностей и типов руд, наличие ответвлений и апофиз, различное по форме выклинивание на флангах.

Рудные тела, расположенные на северном и южном флангах месторождения, различаются по форме, внутреннему строению и своим параметрам. На северном фланге, более близком к области сноса, развиты дельтовые и прибрежно-морские фации, заключающие в себе не выдержанные в пространстве сложно построенные более мощные рудные тела (с частыми раздувами, ответвлениями). На южном фланге, удаленном от области сноса, развиты заливно-лагунные фации, включающие хорошо выдержанные пластовые и ленточные рудные залежи.

В пределах рудоносного горизонта повсеместно отмечается чередование участков с заметным оруденением и слабоорудененных или вообще безрудных. Такая же картина отмечена и в пределах самих рудных тел, причем здесь наблюдается перемежаемость участков богатых, рядовых, бедных и безрудных пород. Весьма характерно наличие в рудных телах месторождения прослоев богатых густовкрапленных и массивных руд гнездового, линзовидного, полосчатого или слоистого сложения.

Ритмичный характер в отложении рудоносных пород обусловил ритмичность в распределении оруденения (рис.5). Последнее приурочивается к зонам перехода известковистых песчаников в кварцитовидные. Наиболее богатые линзы и пласты борнит-халькозиновых руд нередко приурочены к четко выраженным поверхностям размывов, локальным небольшим депрессиям и мелким руслообразным впадинам. Самые верхние части ритмов, сложенные тонкозернистыми песчаниками и алевропесчаниками и глинистыми породами, включают бедные руды.

В составе рудоносного горизонта месторождения и

рудных телах встречается большое количество рудных минералов, в основу классификации которых положены степень распространенности их на месторождении и условия образования (табл.1).

Для руд месторождения характерны вкрапленные, слоистые, слоисто-вкрапленные, гнездовые, линзовидные, реже прожилково-вкрапленные и просечковые текстуры, характеризующиеся тем, что они часто наследуют текстуры рудовмещающих пород. Среди структур руд отмечаются структуры кристаллизации и перекристаллизации (зернистые, взаимных границ, субграфические, коррозионные, гипидиморфнозернистые, идиобластические); структуры замещения, развитые в зоне окисления (краевых касмок, прожилковые, реакционные и др.).

Основным полезным компонентом руд месторождения является медь, попутными – серебро, золото, совместно извлекающиеся в медный концентрат. Возможно извлечение железа (магнетитовый концентрат) и использование пород вскрыши. Исследования по отвальным хвостам обогатительной фабрики показали принципиальную возможность получения кондиционных полевошпатовых и кварцевых продуктов. По содержанию меди руды месторождения относятся к рудам среднего качества с участками как богатых (более 2%), так и бедных руд.

По наличию минеральных форм меди выделяются халькозин-борнитовые, халькопирит-пиритовые и брошантит-малахитовые руды.

В количественном отношении на месторождении в промышленных рудах преобладают халькозин-борнитовые, затем брошантит-малахитовые и, наконец, халькопирит-пиритовые руды. В пределах месторождения проявлена зональность:

1) центральная часть мульды представлена халькопирит-пиритовой минерализацией с отдельными линзами халькозин-борнитовой;

2) борта мульды несут халькозин-борнитовую

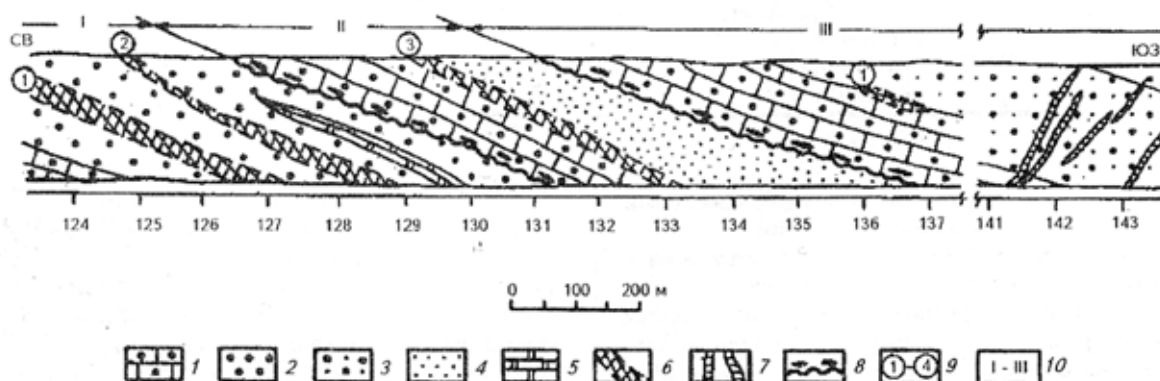


Рис. 5. Ритмичность в распределении пород и руд в борнит-халькозиновой зоне Удоканского месторождения (зарисовка юго-восточной стенки квершлага 13, штольни 2):

1 – известковистые мелкозернистые кварцитовидные песчаники; 2 – тонкозернистые кварцитовидные песчаники; 3 – мелко-тонкозернистые кварцитовидные песчаники; 4 – тонкозернистые кварцитовидные песчаники; 5 – слабоизвестковистые песчаники; 6 – богатая густовкрапленная борнит-халькозиновая руда; 7 – кварцевые прожилки с редкой вкрапленностью сульфидов в местах пересечения ими рудоносных пород и без сульфидов – в безрудных породах; 8 – поверхность размыва, с обломками тонкозернистых песчаников и алевролитов; 9 – номера рудных пластов в этом отрезке горной выработки; 10 – номера ритмов

Таблица 1

Минералы пород и руд Удоканского месторождения

Степень распространения минералов	Породообразующие минералы	Типы проявлений рудных минералов				
		Минералы песчаников и алевролитов (вкрапленные, слоистые)	Минералы жил	Минералы даек	Минералы зоны гипергенеза	
					древняя зона	современная зона
Главные	Кварц, полевые шпаты	Халькозин, джарлеит, борнит, магнетит	Халькозин, джарлеит, борнит, кварц, кальцит	Пирит, гематит	Халькозин, ковеллин, малахит, гидроокислы железа и марганца	Брошантит, гидроокислы железа
Второстепенные	Кальцит, серицит, хлорит, эпидот, турмалин, биотит	Халькопирит, пирит, гематит, анилит	Халькопирит, пирит, анилит, магнетит, полевые шпаты, эпидот	Халькопирит, борнит, магнетит	Халькопирит пластинчатый, гематит реакционный, азурит, хризокolla	Антлерит, гипс, малахит, ковеллин, цианотрихит, халькантит, стильбит, лауэллиит
Редкие	Апатит, сфен, барит, флюорит, гипс, циркон, монацит, касситерит, гранаты, рутил	Карролит, дигенит, виттихенит, пирротин, марказит, идаит, блеклые руды, сфалерит, галенит, серебро самородное, золото, киноварь, штротмейерит, пентландит, полидимит, кобальтин, валлеиит, аргентит, арсенопирит, ильменит, джирит	Дигенит, виттихенит, карролит, блеклые руды, сфалерит, галенит, молибденит, серебро, золото, арсенопирит, идаит, штротмейерит	Халькозин, виттихенит, галенит, молибденит, золото, арсенопирит	Куприт, медь самородная, делафоссит, диоптаз, бисмутосферит, магнетит "каплевидный"	Мелантерит, куприт, медь самородная, болейт, корнетит, долерофанит, халькофиллит (кренделевит)

минерализацию с отдельными линзами, прослоями халькопирит-пиритовой минерализации;

3) вблизи поверхности прослеживается зона с брошантит-малахитовой минерализацией.

Если выделение природных типов определяется только минеральным составом руд, то выделение технологических сортов — обогатимостью руд, зависящей от соотношения общей и окисленной меди (соотношения количества сульфидных, сульфатных и карбонатных минералов меди). В соответствии с этим выделены три технологических типа руд:

1. Сульфидные руды: степень окисления — 0-30%
2. Смешанные руды: степень окисления — 30-70%
3. Окисленные руды: степень окисления — 70-100%

Основная масса руд залегает в кварцитовидных песчаниках. Известковистые песчаники, алевролиты и аргиллиты имеют резко подчиненное значение, встречаясь в виде отдельных разобщенных линз и прослоев мощностью от десятков сантиметров до первых десятков метров. Соотношение выделяемых разновидностей пород в контурах рудных тел соответственно составляют 87,0, 8,0, 5,0%. Вещественный состав упомянутых пород прост и однообразен. Обломочная фракция кварцитовидных песчаников на 60-70% состоит из кварца, на 10-26% — из полевого шпата, цементирующая масса представлена кварц-серицитовым, кварц-серицит-карбонатным агрегатом. Известковистые песчаники на 40-50% состоят

из кварца, на 25-30% – из кальцита, на 5-10% – из полевого шпата. Алевролит-аргиллитовые отложения сложены тонкочешуйчатым агрегатом слюд (серицит, биотит) с той или иной примесью мельчайших (0,01-0,02) зерен кварца и полевого шпата.

Рудные минералы и их агрегаты во вмещающих породах образуют вкрапленники размером от 1-2 см до сотых долей миллиметра, густота вкрапленности варьирует в широких пределах – от сплошных линз до тонкой рассеянной вкрапленности. Среднее содержание рудных минералов в рудах обычно находится в пределах 1-5%.

Результаты многочисленных силикатных анализов свидетельствуют о довольно однообразном химическом составе руд месторождения, отличающихся лишь отсутствием или наличием в них рудной минерализации (табл.2).

Содержание элементов в рудах колеблется от десятых долей до целых процентов. В процентных содержаниях в руде присутствуют: кальций, натрий, калий; в десятых долях процента – сера, магний; в сотых – свинец, цирконий, ванадий; в тысячных – кобальт, молибден, галлий, цинк, никель, висмут, стронций. В медных концентратах постоянно присутствуют вольфрам, кобальт, кадмий, висмут, церий, молибден, селен, теллур, лантан, иттрий, итербий, индий, сурьма, тантал, серебро, золото. Вредных примесей в количествах, превышающих допустимые пределы, в рудах месторождения не установлено.

В размещении элементов-примесей выявлены довольно четкие закономерности. Серебро, золото и висмут концентрируются в борнит-халькозиновых рудах, причем первые два металла характерны для халькозина, а висмут приурочен только к борнитам. Свинец и индий более тесно связаны с борнитом и

халькопиритом. Халькопиритовые руды обогащены кобальтом, никелем, молибденом, цинком, селеном; из них кобальт, никель связаны главным образом с пиритом.

Генезис: гипотезы, факторы рудоконтроля, признаки рудообразования, модель

Единой точки зрения на генезис руд Удоканского месторождения нет. И.П.Резников (1965), Ф.И.Вольфсон и В.В.Архангельская (1987) на основании широкого развития в районе месторождения изверженных пород, которые прорывают и метаморфизируют меденосные отложения, наличия глубинных и других разломов, присутствия "гидротермальных" минералов и жил считали, что руды месторождения имеют гидротермально-магматогенное происхождение. А.В.Сочава (1979) предполагал, что руды Удокана формировались по гидротермально-осадочной модели: принос металла осуществлялся грунтовыми водами из глубинных или экзогенных источников; эти "растворы-рассолы" выходили на поверхность аллювиальной равнины, где в условиях частичного механического перетотложения сульфидных минералов шло накопление руд. П.П.Петровский (1987) на основании зонального размещения медных проявлений и выявления тектономагматической активности региона обосновал метасоматическую модель рудообразования для Удокана и генетическую связь с Чинейским плутоном.

Э.Г.Конников (1986) предложил три возможных механизма формирования удоканских руд: а) гидротермально-метасоматический в связи с гипотетическим погребенным базитовым массивом; б) проникновение рудоносных флюидов в осадочный бассейн; в) образование осадочных руд за счет эро-

Таблица 2

Результаты химического анализа основных литологических типов оруденения пород месторождения

№ п/п	Состав	Число определений	Содержание, %											
			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CuO	Na ₂ O	K ₂ O	CO ₂	Cu	S общ.
1	Кварцито-видные песчаники	49	68.86	0.53	11.60	1.76	3.12	0.88	2.12	2.93	2.88	0.78	2.09	0.54
2	Известковистые песчаники	16	58.48	0.45	8.84	0.99	2.76	0.93	10.41	2.29	2.26	6.30	2.31	0.96
3	Аргиллиты, алевролиты, алевропесчаники	24	59.56	0.68	16.60	4.45	2.83	2.00	1.18	1.88	5.57	0.24	1.23	0.36

зии базитов чинейского комплекса. Несостоятельность этих взглядов показана в специальной статье Ф.П.Кренделева (1987).

Б.И.Гонгальский (1993) на основании изучения Чинейского массива, взаимоотношения его с вмещающими толщами, моделирования фракционной кристаллизации базитовых расплавов предложил рассматривать проявления меди в магматических (Чина) и осадочных (Удокан) породах как генетически родственные. Источником меди в обоих случаях мог быть базито-гипербазитный массив, располагающийся на небольшой глубине под указанными месторождениями.

Однако большинство исследователей, детально изучавших месторождение, придерживается гипотезы о его первично-осадочном генезисе (Н.Н.Бакун, Ю.В.Богданов, Р.Н.Володин, Э.Ф.Грингаль, Ф.П.Кренделев, Л.Ф.Наркелюн, А.И.Трубачев, В.С.Чечеткин и многие другие), которая, на наш взгляд, наиболее полно учитывает все основные факторы, контролирующие размещение оруденения: стратиграфический контроль оруденения; участие руд во всех складчатых и последующих преобразованиях; четкий контроль медной минерализации фаціальными условиями отложения (рис. 6), фиксируемое текстурно-структурными особенностями пород и руд; тождество состава элементов примесей в медистых песчаниках и во вмещающих породах; отсутствие связи оруденения с магматизмом и тектоникой (более молодой возраст магматизма); довольно четкое соответствие морфологии минералов основным этапам вторичных преобразований осадочно-рудноносной толщи – катагенезу – метаморфизму региональному и контактовому; первичная зональность седиментационно-диагенетического происхождения и другие признаки (Бакун и др., 1958; Богданов и др., 1966, 1973; Бородаевская и др., 1985;

Володин, Охота, 1988; Кренделев и др., 1983; Наркелюн и др., 1968, 1977, 1983, 1990; Чечеткин и др., 1984). Учет всех особенностей строения и распределения рудной минерализации на Удоканском месторождении свидетельствует о том, что оруденение и вмещающие их толщи в своем формировании подчиняются законам осадочной дифференциации. И если источник породообразующего вещества установлен вполне достоверно (ими служили породы архейских толщ, расположенные вокруг месторождения, установлено направление сноса терригенного материала, фаціальные условия его захоронения и др.), то источник рудного вещества и пути его поступления вызывают наибольшие дискуссии и затруднения. Вместе с тем имеются многие доказательства одновременного поступления рудного вещества и терригенного материала из области сноса. Однако концентрации рудных компонентов и особенно формы его переноса не выяснены как в теоретическом плане, так и в экспериментальном. Решение этих и других сложных вопросов – главная задача при выяснении генезиса медных руд Удокана в будущем.

Руды и породы Удоканского месторождения в своем развитии прошли несколько стадий и этапов, каждый из которых зафиксирован в вещественном или морфологическом выражении.

На основании геологических закономерностей размещения оруденения, установленных признаков локализации оруденения можно предложить следующую упрощенную генетическую модель для Удоканского и других подобных месторождений Кодаро-Удоканской зоны.

Источники металлов: 1) области сноса, которыми являются архейские толщи Алданского щита, Чарской глыбы и Станового хребта; 2) меденосные формации кодарской и чинейской подсерий; 3) продукты вулканических извержений Муйской зоны;

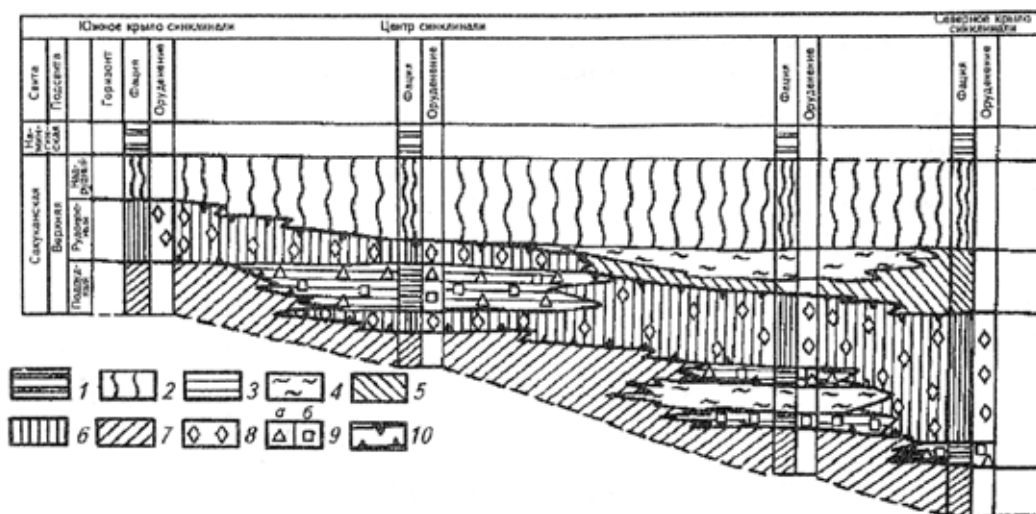


Рис. 6. Фаціальний контроль оруденения фаций:

1 – периодически осушавшихся заливов и лагун; 2 – прибрежно-морского мелководья; 3 – лагун; 4 – заливов; 5 – наземной части дельты; 6 – подводной части дельты; 7 – мелководно-морские; оруденение: 8 – борнит-халькозиновое; 9 – халькопиритовое (а) и пиритовое (б); 10 – контуры рудоносного горизонта

4) сами рудовмещающие толщи месторождений для формирования богатых руд при перераспределении на месте.

Формы миграции и осаждения рудного вещества: 1) растворы-карбонаты, гидрокарбонаты, сульфаты, окислы, гидроокислы; 2) взвешенные частицы; 3) в сорбированном состоянии; 4) эксгальция (?); 5) элизионные растворы в виде хлоридных комплексов (?).

Места локализации оруденения: 1) седиментационные бассейны, представленные лагунами, подводными и надводными дельтами, прибрежным мелководьем, речными руслами; 2) восстановительные зоны на склонах палеоподнятий и в местах скопления органики; 3) для окисленных руд – близповерхностные и зоны тектонических нарушений.

Механизм формирования руд по этапам:

I. Седиментационно-диагенетический – формирование мелковкрапленных и слоистых руд, накопление обломков с сульфидами;

II. Эпигенетический – укрупнение вкрапленности, частично небольшое перераспределение оруденения, нарастание регенерационных каемок на минералах, появление первых жильных минералов;

III. Метаморфогенный – более значительное укрупнение размеров зерен минералов и появление других форм: массивных, гнездово-линзовидных, брекчиевидных, просечковых, жильных; формирование новых парагенезисов – халькопирит-магнетит-графит-пирротин-ильменит.

IV. Контактново-метаморфический – на контактах даек изменение состава и форм выделения минералов.

Генетический тип месторождения – первично-осадочный с седиментационно-диагенетическим механизмом формирования основных руд с признаками регионального и контактового метаморфизма.

Литература

- Бакун Н.Н., Володин Р.Н., Кренделев Ф.П. Основные особенности геологического строения Удоканского месторождения медистых песчаников и направлений его дальнейшей разведки // Изв. вузов. Сер. геолог. и разв. – 1958. – №11. – С.67-83.
- Богданов Ю.В., Бурьянов Е.З., Кутырев Э.И. и др. Стратифицированные месторождения меди СССР. – Л.: Недра, 1973. – 312 с.
- Богданов Ю.В., Кочин Г.Г., Кутырев Э.И. и др. Медистые отложения Олекмо-Витимской горной страны. – Л.: Недра, 1966. – 386 с.
- Бородаевская М.Б., Володин Р.Н., Кривцов А.И. и др. Поиски меднорудных месторождений. – М.: Недра, 1985. – 220 с.
- Володин Р.Н. Месторождения медистых песчаников и сланцев. Методика крупномасштабного и локального прогноза мест. цветн., благород. металлов и алмазов. – М.: ЦНИГРИ, 1989. – С. 143-162.
- Володин Р.Н., Охота Г.Д. Геолого-поисковые модели месторождений цветных металлов. – М.: ЦНИГРИ, 1988. – С.59-71.
- Володин Р.Н., Чечеткин В.С., Богданов Ю.В. и др. Удоканское месторождение медистых песчаников (Восточная Сибирь). – М.: Наука, 1994. – Т. 36. – №1. – С.3-30.
- Володин Р.Н., Чечеткин В.С., Солодов Л.А. Комплексование работ по прогнозу и поискам месторождений медистых песчаников и сланцев в зоне БАМ: Методические рекомендации. – М.: ЦНИГРИ, 1988. – 68 с.
- Вольфсон Ф.И., Архангельская В.В. Стратиформные месторождения цветных металлов. – М.: Недра, 1987. – 255 с.
- Гонгальский Б.И. Вокруг Чинейского плутона. О происхождении медных руд в осадочных (Удокан) и магматических (Чинейский массив) горных породах // Недра Востока. – 1993. – №2. – С.2-4.
- Гонгальский Б.И., Кривоуцкая Н.А. Чинейский расчлененный плутон. – Новосибирск: Наука, 1993. – 183 с.
- Конников Э.Г. Соотношение медистых песчаников Кодаро-Удоканской зоны с докембрийским базитовым магматизмом // Геология и геофизика. – 1986. – №3. – С. 28-33.
- Кренделев Ф.П. Еще раз о генезисе сульфидных руд Удоканского месторождения медистых песчаников // Геология и геофизика. – 1987. – №8. – С. 133-134.
- Кренделев Ф.П., Бакун Н.Н., Володин Р.Н. Медистые песчаники Удокана. – М.: Наука, 1983. – 248 с.
- Наркелю Л.Ф., Безродных Ю.П., Трубачев А.И. и др. Особенности геологии и вопросы генезиса Удоканского месторождения медистых песчаников // Геол. некот. мест. Забайкалья. – Чита, 1968. – С. 70-90.
- Наркелю Л.Ф., Безродных Ю.П., Трубачев А.И., Салихов В.С. Медистые песчаники и сланцы южной части Сибирской платформ. – М.: Недра, 1977. – 223 с.
- Наркелю Л.Ф., Салихов В.С., Трубачев А.И. Медистые песчаники и сланцы мира. – М.: Недра, 1983. – 414 с.
- Наркелю Л.Ф., Трубачев, Салихов В.С. и др. Справочное пособие по стратиформным месторождениям. – М.: Недра, 1990. – 392 с.
- Петровский П.П. Повышенная тектономагматическая активность и рудоносность Удоканского рудного поля // Стратиформные рудные месторождения. – М.: Наука, 1987. – С. 105-112.
- Резников И.П. К вопросу о генезисе Удоканского месторождения // Литология и полезные ископаемые. – 1965. – №2. – С. 3-15.
- Салихов В.С. Постседиментационные изменения меденосных отложений юга Сибирской платформы // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1973. – №12. – С. 117-131.
- Сочава А.В. Красноцветные формации докембрия и фанерозоя. – Л.: Наука, 1979. – 108 с.
- Трубачев А.И. Удокан: этапы открытия // Недра Востока. – 1993, пробный номер. – С.15-18.
- Чечеткин В.С., Федотова В.М., Трубачев А.И. Сравнительная характеристика месторождений медистых песчаников Кодаро-Удоканской зоны // Удокан (природные ресурсы, их освоение). – Новосибирск: Наука, 1984. – С.88-96.
- Юргенсон Г.А. Дайки и оруденение на Удоканском медном месторождении // Вопросы рудоносности Восточного Забайкалья. – М.: Недра, 1967. – С.111-125.

* * *