

## Науки о Земле

УДК 551.72:553.434(571.55)

*Зиновьев Юрий Иванович*  
*Yuriy Zinoviev*

*Абрамов Баир Намжиллович*  
*Bair Abramov*



### **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДОКЕМБРИЙСКИХ И ВЕНД-КЕМБРИЙСКИХ МЕДИСТЫХ ПЕСЧАНИКОВ КОДАРО-УДОКАНСКОЙ ЗОНЫ**

### **FEATURES OF PRECAMBIAN AND WEND-CAMBRIAN COPPER SANDSTONES FORMATION IN KODAR-UDOKAN ZONE**

---

Установлено, что венд-кембрийские медистые песчаники силимкунской свиты образованы в континентальной обстановке, в аридных условиях.

Дана характеристика медистых песчаников кеменской и чинейской сериям. Выявлены различные условия формирования медистых песчаников. Представлены факты, свидетельствующие о тесной связи образования медистых песчаников Кодаро-Удоканской зоны с вулканическими процессами. Выявлено различие пород областей сноса. Установлено различие распределения рудных элементов в медистых песчаниках различных стратиграфических уровней и распределение редкоземельных элементов в различных обстановках образования медистых песчаников

**Ключевые слова:** *Кодаро-Удоканская зона, медистые песчаники, обстановки формирования, генезис, минерал, песчаник, руда*

It is established, that Wend-Cambrian copper sandstone of silimkun suites are formed in the continental atmosphere in arid conditions. The characteristic is given to copper sandstones of kemensky and chineysky series. Various conditions of copper sandstones formation are revealed. The facts testifying to close connection of copper sandstones formation in the Kodar-Udokansky zone with volcanic processes are presented. Distinction of breeds of demolition areas is revealed. Distribution of ore elements in copper sandstones of various stratigraphic levels is established. Distribution of rare-earth elements in various situation of formation of copper sandstones is given

**Key word:** *Kodar-Udokansky zone, copper sandstone, situation of the formation, genesis, mineral, sandstone, ore*

---

**В** Кодаро-Удоканском прогибе медистые песчаники развиты в раннепротерозойских отложениях удоканского осадочного комплекса и венд-кембрийских отложениях силимкунской свиты (рис. 1).

Меденосные венд-кембрийские отложения развиты в восточной части Верхнекаларской рифтогенной впадины. В

Кодаро-Удоканской зоне единственным рудопроявлением меди, имеющим позднепротерозойский возраст, является рудопроявление Кильчерис. От раннепротерозойских месторождений и рудопроявлений медистых песчаников Кодаро-Удоканской зоны это рудопроявление отличается возрастом и составом руд. В медистых песчаниках удо-

канской серии наиболее распространены борнит-халькозиновые руды, менее развиты – пирит-халькопиритовые, в медистых песчаниках рудопроявления Кильчерис преобладают халькопирит, блеклая руда и пирит. По характерным особенностям – пространственной приуроченностью к зо-

нам тектонических нарушений; наличию высокотемпературных метасоматических преобразований; составу рудных минералов; геохимической специфике рудопроявление близко к медно-колчеданным месторождениям вулканической ассоциации [1].

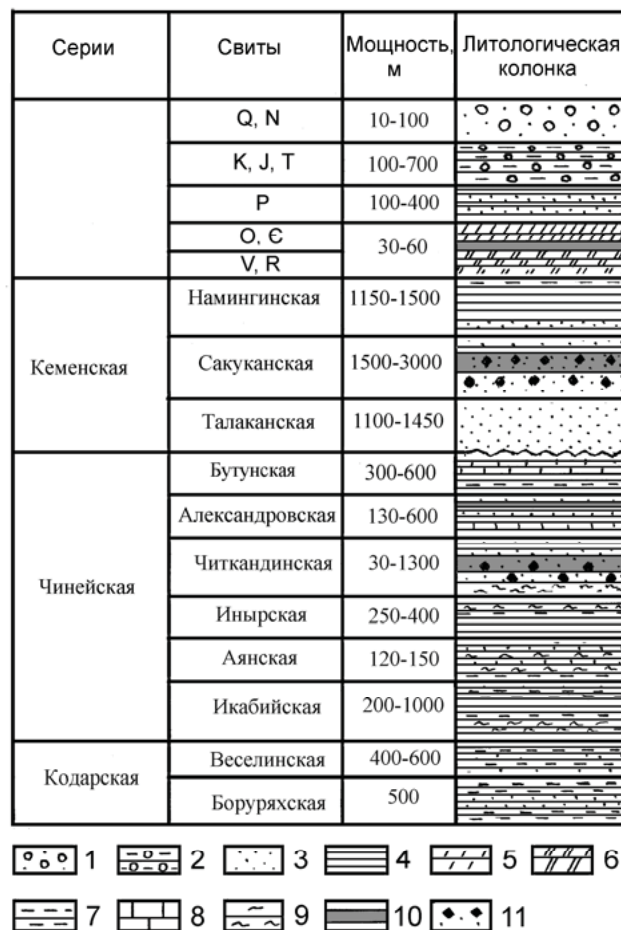


Рис. 1. Геологический разрез отложений Кодаро-Удоканского прогиба:  
 1 – кайнозойские рифтогенные отложения (пески, глины, супеси, гравийно-галечный материал; 2 – разнородные породы (песчаники, конгломераты, гравелиты, алевриты); 3 – песчаники; 4 – алевриты; 5 – известняки, песчаники; 6 – доломиты; 7 – аргиллиты; 8 – известняки; 9 – сланцы; 10 – медистые песчаники; 11 – железистые песчаники

В венд-кембрийское время в южной части Сибирской платформы господствовал аридный климат. Здесь были развиты мелководные континентальные водоемы с повышенной соленостью. Образование медистых песчаников силмикунской свиты происходило в мелководном бассейне с

повышенной соленостью. На это указывает широкое развитие красноцветных и карбонатных отложений [8; 11].

В разрезе протерозойского удоканского осадочного комплекса медистые песчаники развиты в отложениях чинейской и кеменской серий (см. рис. 1). Медистые

песчаники данных серий отличаются составами рудных минералов, содержаниями рудных и редкоземельных элементов, петрохимическими составами медистых песчаников. Эти различия обусловлены разными обстановками формирования отложений чинейской и кеменской серий.

Среди отложений удоканского комплекса выделяются три основных стратиграфических уровня меденосных отложений. Верхний меденосный уровень представлен отложениями сакуканской свиты кеменской серии (месторождения – Удоканское, Ункурское, Бурпалинское, рудопоявления – Лабазное, Сакуканское и др.). Средний и нижний меденосные уровни приурочены к отложениям чинейской серии. Отложения среднего меденосного уровня представлены породами александровской свиты (рудопоявления Озеро Медное, Кукугунда и др.), породы нижнего меденосного уровня – отложениями читкандинской свиты (месторождение Красное, рудопоявления Правый Ингамакит, Луна и др.) [6].

Образования медистых песчаников Кодаро-Удоканской зоны тесно связаны с вулканическими процессами. Об этом свидетельствуют следующие факты:

1) наличие в пуддинговом горизонте сакуканской свиты меденосных галек кислых эффузивов [3];

2) присутствие в рудовмещающей толще Удоканского месторождения вулканических стекол кислого состава [9];

3) наличие в разрезе меденосной читкандинской свиты метатуффоидов [10];

4) присутствие в граувакках верхнечиткандинской подсвиты мельчайших (50...80 мкм) не окатанных зерен цирконов с убедительными признаками их вулканической природы. Возраст цирконов по изотопному соотношению  $Pb^{207}/Pb^{206}$  составил  $2180 \pm 50$  млн лет [5].

Важным в установлении генезиса медного оруденения явилось описание в гальках туфов риодацитов пуддингового горизонта сакуканской свиты медной минерализации. Пуддинговый горизонт представлен мелкозернистыми песчаниками с редкой,

хорошо окатанной галькой гранитоидов, яшмоидов, кварца (редко – с включениями борнита, халькозина), риодацитов и их туфов с медной минерализацией. Мощность пуддингового горизонта достигает 500 м, протяженность – первые сотни километров [7]. В составе галек преобладают гранитоиды. Выявлено, что весь набор пород галек пуддингового горизонта не характерен для архейских и раннепротерозойских пород обрамления Кодаро-Удоканской зоны. Отмечено их сходство с вулканогенно-осадочными отложениями падринской серии и прорывающими их субвулканическими интрузиями [6].

В гальках туфов медная минерализация представлена, в основном, мелко-рассеянной вкрапленностью борнита и халькопирита. По данным атомно-абсорбционного анализа, в них установлены следующие содержания элементов, г/т: Cu – 5000; Au – 0,55; Ag – 9; Ni – 18; Zn – 230; Ti – 300; V – 50; Cr – 26; Rb – 8; Sr – 60. ASI ( $ASI = Al_2O_3 / (Na_2O + K_2O + CaO)$ ) галек кислых эффузивов колеблется 0,85...1,02, что указывает на формирование их в островодужной обстановке [3].

Формирование медистых песчаников чинейской и кеменской серий происходило в различных условиях. Это подтверждается следующим:

1) геодинамическими обстановками формирования отложений чинейской и кеменской серий. Отложения чинейской серии были образованы в обстановке активной континентальной окраины, породы кеменской серии – в обстановке пассивной континентальной окраины (рис. 2) [2];

2) различным составом руд. В медистых песчаниках кеменской серии наиболее распространенными являются борнит-халькозиновые руды, в медистых песчаниках чинейской серии – пирит-халькопиритовые, пирротин-халькопиритовые руды. Месторождения кеменской и чинейской серии также характеризуются разными соотношениями содержаний рудных элементов;

3) содержаниями рудных элементов. Содержания рудных элементов в медистых

песчаниках чинейской серии значительно превосходят таковые в медистых песчаниках кеменской серии (см. таблицу);

4) разным составом редкоземельных элементов. В медистых песчаниках кеменской серии преобладают легкие лантаноиды,

в медистых песчаниках чинейской серии – тяжелые лантаноиды (таблица, рис. 3). Это указывает на то, что отложения чинейской серии в значительной степени образованы за счет размыва пород основного состава.

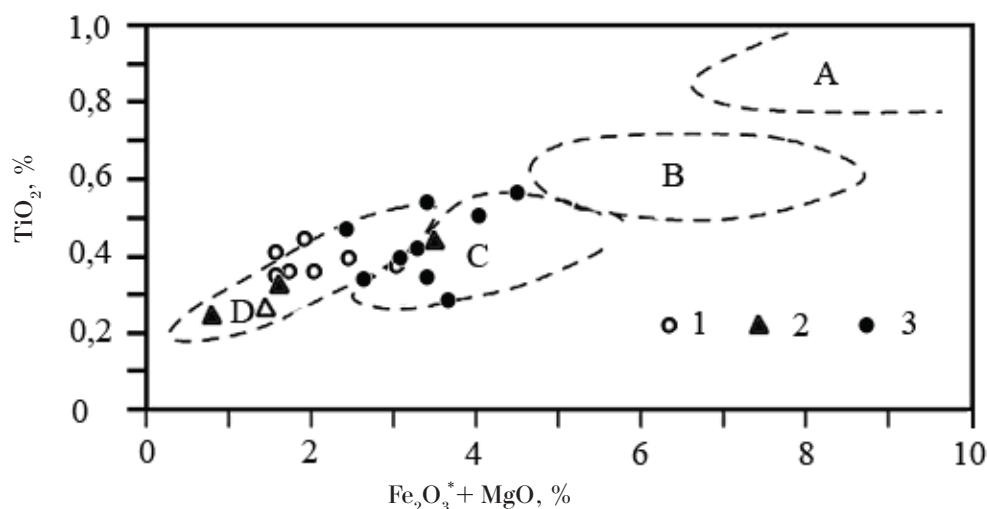


Рис. 2.  $TiO_2 - Fe_2O_3^*+MgO$  медистых песчаников Кодаро-Удоканского прогиба: 1 – медистые песчаники сакуканской свиты; 2 – александровской свиты; 3 – читкандинской свиты. Поля на диаграмме. Геодинамические обстановки: D – пассивная континентальная окраина, C – активная континентальная окраина, B – континентальные островные дуги, A – океанические островные дуги

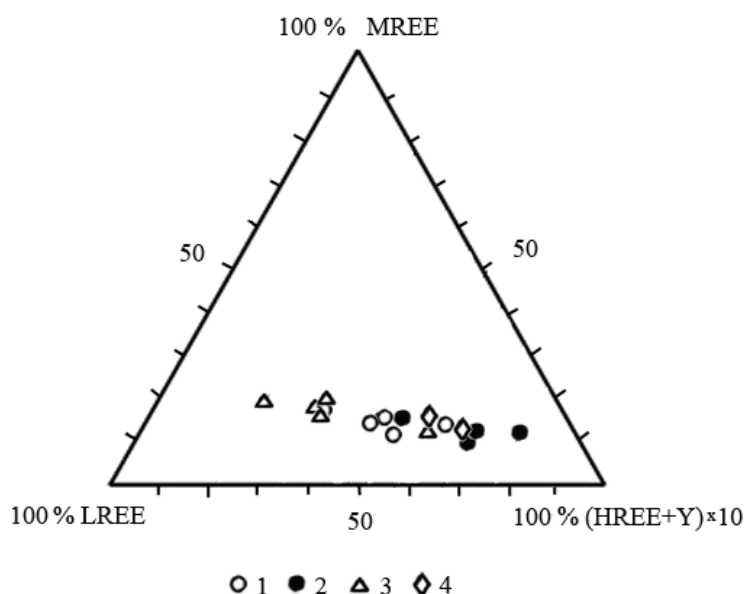


Рис. 3. Распределение редкоземельных элементов в меденосных отложениях Кодаро-Удоканской зоны. Меденосные отложения удоканского комплекса: 1 – сакуканской свиты; 2 – читкандинской свиты; 3 – александровской свиты; 4 – венд-кембрийские меденосные отложения (рудопрооявления Кильчерис); LREE – легкие лантаноиды (La-Pr), средние – MREE (Nd-Dy), тяжелые HREE (Ho-Lu, Y)

Для реконструкции геодинамических обстановок формирования песчаников наиболее часто используются диаграммы Бхатия [12]. Так, на диаграмме  $TiO_2 - Fe_2O_3^* + MgO$  песчаники кеменской серии соответствуют песчаникам пассивной континентальной окраины, песчаники чинейской серии – активной континентальной окраины (рис. 2).

О разных породах областей сноса сви-

детельствуют разные содержания элементов в меденосных отложениях кеменской и чинейской серии (см. таблицу). Особенно контрастно эта разница проявляется в распределении рудных элементов (Ni, Zn, Pb, Bi), содержания которых в медистых песчаниках читкандинской свиты в 5...10 раз превосходят таковые в медистых песчаниках сакуканской свиты.

**Средние содержания микроэлементов в медистых песчаниках Кодаро-Удоканского района, г/т**

Свиты	n	Ni	Zn	Pb	Bi	Ba	La	Ce	Y	$\Sigma Ce / \Sigma Y$
Сакуканская	15	3	176	10	28	912	28	62	12	5,11
Александровская	5	10	192	10	25	355	17	40	15	2,75
Читкандинская	9	83	317	634	650	1476	48	81	17	4,71

Примечание: n – число анализов. Анализы выполнены в аналитическом центре Геологического института СО РАН (г. Улан-Удэ) рентгенофлуоресцентным методом, аналитик Б.Ж. Жалсараев

Анализ распределения редкоземельных элементов (REE) в медистых песчаниках различных стратиграфических уровней Кодаро-Удоканской зоны показывает различные условия их образования. Применение REE для условий образования метаосадочных пород основано на представлениях о фракционировании лантаноидов на начальных профилях седиментации, а также инертном их поведении при ранних стадиях метаморфизма. По данным Ю.А. Балашова, в процессе осадкообразования в прибрежно-морских условиях обломочные материалы обогащаются легкими лантаноидами – La, Ce. При этом по мере удаления от береговой линии увеличивается доля тяжелых лантаноидов и иттрия [4].

Распределение редкоземельных элементов свидетельствует об обогащении легкими лантаноидами медистых песчаников сакуканской ( $\Sigma Ce / \Sigma Y = 5,11$ ), читкандинской свит ( $\Sigma Ce / \Sigma Y = 4,71$ ) и увеличении доли тяжелых лантаноидов в медистых отложениях александровской свиты ( $\Sigma Ce / \Sigma Y = 2,75$ ) (см. таблицу). Увеличение количества тяжелых лантаноидов в медистых песчаниках александровской свиты свидетельствует о формировании их на более значительном удалении от береговой

линии относительно медистых песчаников сакуканской и читкандинской свит [2].

Анализ распределения REE свидетельствует о том, что медистые песчаники чинейской серии относительно медистых песчаников кеменской серии в более значительной степени обогащены тяжелыми REE (см. рис. 3).

Распределение REE свидетельствует о формировании медистых песчаников александровской свиты на более значительном удалении от береговой линии относительно таковых сакуканской и читкандинской свит. При этом образование медистых песчаников сакуканской свиты происходило как вблизи береговой линии, так и на значительном удалении от нее.

Таким образом, венд-кембрийские медистые песчаники силимкунской свиты образованы в континентальных мелководных водоемах в аридных условиях. Медистые песчаники кеменской серии сформированы в обстановке пассивной континентальной окраины, медистые песчаники чинейской серии – в обстановке активной континентальной окраины. В формировании месторождений медистых песчаников кеменской и чинейской серии принимали участие вулканические процессы.

Literatura

Literature

1. Abramov B.N., Chernyshova N.E.. Mineralo-geohimicheskie osobennosti rudoprojaveniya Kilcheris (Kodaro-Udokanskaja zona) // Ekaterinburg: Izd-vo Ur.O RAN. 2012. № 1. S. 147-153.
2. Abramov B.N. Geodinamicheskie rezhimy formirovaniya otlozhenij udokanskogo kompleksa: dokl. Akademii nauk. M., 2004. T. 398. № 4. S. 510-512.
3. Abramov B.N. Osobennosti obrazovaniya medistyh peschanikov kemenskoj i chinejskoj serij Kodaro-Udokanskoj zony: dokl. Akademii nauk. M., 2008. T. 418. № 5. S. 647-649.
4. Balashov Ju.A. Geohimiya redkozemelnyh jelementov. M.: Nauka, 1976. 267 s.
5. Berezhnaya N.G., Bibikova E.V., Sochava A.V., Kirnozova K.I., Makarov V.I., Bogomolov E.S. Izotopnyj vozrast chinejskoj podserii udokanskoj serii: dokl. Akademii nauk SSSR. M., 1988. T. 302. № 5. S. 1209-1212.
6. Bogdanov Ju.V., Kochin G.G., Kutyrev Je.I., Paradeeva L.M., Travin L.V., Trifonov N.P., Feoktistov V.P. Medistye otlozheniya Olekmo-Vitimskoj gornoj strany. L.: Nedra, 1966. 386 s.
7. Burmistrov V.N. O genezise krupnooblochnogo materiala kemenskoj podserii udokanskogo kompleksa Vostochnoj Sibiri: dokl. Akademii nauk SSSR. M., 1989. T. 304. № 5. S. 1201-1204.
8. Narkeljun L.F., Bezrodnih Ju.P., Trubachev A.I., Salihov V.S. Medistye peschaniki i slancy juzhnoj chasti Sibirskoj platformy. M.: Nedra. 1977. 223 s.
9. Petrovskij P.P., Salihov V.S. O proyavleniyah vulkanizma na Udokanskom mestorozhdenii medi (Vostochnaja Sibir) // Novye idei v naukah o Zemle: mater. dokl. v VII Mezhdunar. konf. M. 2005. T. 2. S. 166.
10. Sochava A.V. Petrohimiya verhnego arheya i proterozoya zapada Vitimo-Aldanskogo shhita. L.: Nauka, 1986. 144 s.
11. Trubachev A.I. Stratiformnye rudy – vazhnejshij vid poleznyh iskopaemyh Vostochnogo Zabajkalya // Vestnik ZabGU. Chita: ChitGU, 2011. № 3. S. 104-109.
12. Bhatia M.R. Platetectonics and geochemical composition of sandstones // J. Geol. 1983. V.91. 191 p.
1. Abramov B., N. Chernyshova.. Mineralogical-geochemical features of the ore Kilcheris (Kodar-Udokan area) // Ekaterinburg: Izd-vo Edt.: Russian Academy of Sciences. 2012. № 1. P. 147-153.
2. Abramov B.. Geodynamic regimes of formation of sediments Udokan complex: Sov. Academy of Sciences. M., 2004, vol. 398. № 4. P. 510-512.
3. Abramov B. Features of formation of copper sandstones of kemen and chinej series in Kodar-Udokan zone: Sov. Academy of Sciences. M., 2008. vol. 418. № 5. P. 647-649.
4. Balashov Yu.A. Geochemistry of rare earth elements. M.: Nauka, 1976. 267 p.
5. Gentle N.G., Bibikova E.V., Sochava A.V., Kirnozova K.I., Makarov V.I., Bogomolov E.S. The isotopic age chinej series of Udokan series: Sov. Academy of Sciences of the USSR. M., 1988. vol. 302. № 5. P. 1209-1212.
6. Bogdanov Yu., Cochun I.I., Kutyrev E.I., Paradeeva L.M., Travin L.V., Trifonov N.A., Feoktistov V.P. Copper deposits of Olekmo-Vitim mountainous country. L.: Nedra, 1966. 386 p.
7. Burmistrov V. About the Genesis of heavy-block material of kemen series of Udokan complex of Eastern Siberia: Sov. Academy of Sciences of the USSR. M., 1989. vol. 304. № 5. P. 1201-1204.
8. Narkelyun L.F., BEzrodnikh Yu.P., Trubachev A.I., Salikhov V.S. Copper sandstones and shales of the southern part of the Siberian platform. M.: The subsoil. 1977. 223 p.
9. Petrovsky P.P., Salikhov V.S. On the manifestations of volcanism on Udokan deposit of copper (Eastern Siberia) // New ideas in the Earth Sciences: Mater. of reports at VII Intern. Conf., M. 2005. vol. 2. P. 166.
10. Sochava A.V. Petrochemistry of the upper Archean and Proterozoic West Vitim-Aldan shield. L.: Science, 1986. 144.
11. Trubachev A.I. Stratiform ore - the most important type of mineral resources of East Transbaikalia // Vestnik ZabGU. Chita: ChitGU, 2011. № 3. P. 104-109.
12. Bhatia M.R. Platetectonics and geochemical composition of sandstones // J. Geol. 1983. V.91. 191 p.

*Коротко об авторах*

*Briefly about the authors*

**Зиновьев Ю.И.**, канд. геол.-минер. наук, доцент, декан заочного факультета, Забайкальский государственный университет  
Тел.: 41-66-43

**Y. Zinoviev**, The candidate of geological-mineralogical sciences, Dean of the correspondence faculty ZabGU, associate professor

**Научные интересы:** геология рудных месторождений

**Scientific interests:** geology of ore deposits

**Абрамов Б.Н.**, д-р геол.-минер. наук, ведущ. науч. сотрудник лаборатории геохимии и рудогенеза ИП-РЭК СО РАН  
b\_abramov@mail.ru

**B. Abramov**, the doctor of geological-mineralogical sciences, Conducting{Leading} scientific employee ИПРЭК the Siberian Branch of the Russian Academy of Science Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS

**Научные интересы:** геология рудных месторождений

**Scientific interests:** geology of ore deposits

---

