

МЕДИСТЫЕ ПЕСЧАНИКИ ПРИКАМЬЯ

Рассмотрен геохимический аспект, стратиграфическое, формационное положение и состав медистых песчаников в Пермском крае. Обосновывается их экзогенное образование и генетическая общность с месторождениями мира. Показано их краеведческое и экологическое значение

Ключевые слова: медистые песчаники, геохимия, условия залегания.

DOI: 10.17072/chirvinsky.2025.70

Медистые песчаники образуют важный геолого-промышленный тип месторождений меди. Среди них наиболее известными являются песчаники Прикамья, Удокана в Сибири, Джекказгана в Казахстане, Роан в Центральной Африке. На долю месторождений типа приходится около 10 % мировых запасов и 14 % мировой добычи [3].

Медь в Периодической системе Д.И. Менделеева находится в побочной подгруппе I группы вместе с серебром и золотом. Кларк $\text{Cu } 1,43 \cdot 10^{-3} \text{ мас. \%}$ [7]. В распределении по магматическим породам выявляется её способность обогащать породы основного отряда, что указывает на её базальтофильность.

По строению электронной оболочки атома медь относится к d-элементам. Как у элемента группы I, у неё на внешнем 4-м слое присутствует один s-электрон, а на 3-м – десять спаренных d-электронов ($3d^{10}4s^1$). По этой причине медь может отдавать один s-электрон с 4-го внешнего слоя и становиться одновалентной, вместе с тем в окислительных условиях атом меди может терять ещё один электрон с третьего слоя и становиться двухвалентным.

Радиус одновалентного иона (нм) меди (Cu^+) достаточно большой (0,098). Это позволяет меди в восстановительных условиях замещать в минералах такие базальтофильные элементы, как Ca^{2+} (0,104) и Ag^+ (0,113), а также гранитофильный Na^+ (0,098) и обеспечивать вхождение её в плагиоклазы, клинопироксены, амфиболы. Крупный радиус иона серебра приводит к задержке его кристаллизации и концентрации в месторождениях меди.

Радиус иона двухвалентной меди меньше одновалентной (Cu^{2+} 0,080). Он близок к радиусу ионов таких базальтофильных элементов, как Fe^{2+} (0,080), Mn^{2+} (0,091), V^{2+} (0,072), Zn^{2+} (0,083), Sc^{3+} (0,083), а также гипербазитофильного магния Mg^{2+} (0,074). Это указывает на возможность её вхождения в состав пироксенов и амфиболов, а также магнетита.

В магматическом процессе на стадии плавления мантийного пиrolита медь преимущественно переходит в состав базальтовой магмы, увеличивая своё содержание в ней в 2,5 раза по сравнению с гипербазиитами. Медь накапливается в породах основного отряда благодаря описанным выше кристаллохимическим возможностям входить в состав пороодообразующих минералов.

В экзогенных условиях ион двухвалентной меди (Cu^{2+}) мигрирует в окислительной обстановке в сульфатных водных растворах. В восстановительных условиях ион меди приобретает валентность один (Cu^{1+}) и концентрируется на восстановительном барьере, образуя скопления в водоносных горизонтах проницаемых песчаных пород.

В щелочных окислительных условиях степей и пустынь медь перемещается вместе с уранатами, ванадатами и хроматами, концентрируясь с ними в восстановительных условиях. Можно обратить внимание на близость радиуса иона Cu^{2+} (0,080) к радиусам U^{4+} (0,089), V^{2+} (0,072), Cr^{2+} (0,083), а радиуса иона Cu^{+} (0,098) к радиусу U^{3+} (0,104).

В Пермском крае концентрация медистых песчаников стратиграфически тяготеет к шешминскому горизонту уфимского яруса нижнего отдела пермской системы.

Тектонически она приурочена к регрессивной стадии периколлизионного режима. Сам орогенез и обусловившая его коллизия протекали восточнее во внутренних мегазонах Уральской складчатой системы (Тагильско-Магнитогорской синклинорной и Восточно-Уральской). Именно здесь находятся источники вещества для отложений пермского возраста в первую очередь в виде офиолитовой ассоциации, куда входят источники меди в формации натриевых базальтов с гидротермально-осадочными колчеданами, источники железа, титана и ванадия в составе пород дунит-клинопироксенит-габбровой формации, источники хрома в составе альпинотипных гипербазитов дунит-перидотитовой формации.

В пределах регрессивной периколлизионной стадии литогенеза происходит смена галогенной карбонатно-сульфатно-хлоридной кунгурско-соликамской формации ($\text{P}_1\text{k-P}_1\text{sl}$) лагунно-континентальной красноцветной терригенной шешминско-казанской ($\text{P}_{1\text{ss-P}_2\text{kz}}$).

Литологически в пределах соликамской свиты происходит смена толщи доломитов, мергелей, известняков, расположенной внизу свиты толщей аргиллитов, алевролитов песчаников с прослоями известняков, линзами гипса и ангидрита. Соликамская свита перекрывается шешминской, состоящей из красноцветных песчаников, алевролитов, аргиллитов, мергелей с прослоями известняков.

К описанной смене формационного и литологического состава осадочных пород приурочены повышенные концентрации меди.

Большинство проявлений меди в Пермском крае, как уже отмечалось, находится в породах шешминского горизонта (P_{1uf}^{ss}) верхов уфимского яруса, протягивающихся субмеридиональной полосой шириной от 30 до 70 км через всю территорию края вдоль восточного борта Восточно-Европейской платформы несколько западнее стыка ее с Предуральским прогибом Уральской складчатой системы.

Именно в этой полосе пород существовал восстановительный геохимический барьер, заставивший двухвалентную сульфатную медь, сделав ее одновалентной и выпасть в осадок в виде халькозина, борнита и других минералов. Скорее всего, этот барьер существовал в грунтовых и пластовых водах, где сульфат-ион с глубиной превращался в сульфид-ион.

В создании восстановительного барьера важную роль играли остатки наземных древесных растений, которые наблюдаются в геологических обнажениях и к которым тяготеет медная минерализация. Подобная приуроченность минерализации к остаткам растений с образованием биоморфоз описана в рудных медно-ванадий-урановых залежах плато Колорадо в США, которая отмечается по всему разрезу мезозойских триас-юрских отложений [2].

Концентрация меди в Предуралье характерна для прибрежно-морских и дельтовых отложений. При этом рудовмещающими являются серые олигомиктовые и полимиктовые песчаники с карбонатным или карбонатно-глинистым цементом, чередующиеся с красноцветными песчаниками, алевролитами, аргиллитами. В некоторых случаях медное оруденение приурочено к глинистой составляющей разреза.

Скопления рудных компонентов имеют ленточную, линзовидную, каравасобразную и четковидную форму. Опираясь на морфологию проявлений, можно полагать, что рудообразование происходило в речных, озёрных и лагунных осадках.

Протяженность залежей варьирует от первых десятков до 1500 м при ширине до 100 – 150 м (редко более). Мощность продуктивных слоев от 0,1 – 0,2 до 6 – 8 м, причем при мощности рудоносной толщи до 60 м присутствует от 2 до 6 рудных уровней, разделенных безрудными

или слабоминерализованными породами. Такая прерывистость оруденения может свидетельствовать о прерывистости условий миграции и осаждения.

Наиболее высокие содержания меди наблюдаются в грубообломочных породах: конгломератах и гравелитах (до 12,0%). Преобладающие в толще песчаники содержат меди 2,0–2,5 %, глинистые сланцы и мергели – 2,0–4,0 %, средние содержания по проявлению редко превышают 1,5–2,0 %. Приведённые данные свидетельствуют о повышенных содержаниях меди в хорошо проницаемых породах, сквозь которые могли проникать большие объёмы водных растворов.

Основными первичными рудными минералами являются халькозин, борнит, ковеллин, халькопирит, пирит; в зоне окисления распространены куприт, тенорит, малахит, азурит, фольбортит, самородная медь [6]. Кроме меди в медистых песчаниках концентрируются V_2O_5 (до 1 %), Ag (до 100 г/т), Au (до 2 г/т), Pb и Zn (до 2–3 %), Cd, Ge, Se, Te, Co, Re. Ванадиево-медное оруденение в пермских песчаниках западнее Пермского края сменяется урановым в Удмуртии, где оно локализуется в верхах казанских и низах татарских отложений.

По данным А.Б. Халезова (2019) [5] медное оруденение локализуется ещё в двух регионах Предуралья. Восточнее в Кировской области и Татарстане, где оно протягивается через долину р. Вятки до г. Бугульма, где приурочено к казанскому ярусу средней перми. Южнее на востоке Оренбургской области оно приурочено к татарскому ярусу средней перми. Таким образом, концентрация меди в Предуралье осуществлялась одновременно и разноместно. После концентрации в Пермском крае оно сместилось вверх по разрезу к востоку и югу.

Приведённая характеристика пермских медистых песчаников в целом аналогична медистым песчаникам Джекказгана и медно-кобальтового пояса Африки (Конго, Замбия). Главное отличие пермских песчаников заключается в рассеянном характере оруденения и катагенетических и метаморфических изменениях джекказганских и африканских горных пород и руд.

В Пермском крае промышленное освоение медистых песчаников началось в 1640 г. С развитием медеплавильного дела связано зарождение г. Перми (1723) и Пермской губернии в XVIII в. [4].

В настоящее время залежи медистых песчаников представляют минералого-генетический, краеведческий и туристический интерес. Вместе с тем они создают экологическую проблему, образуя геохимические аномалии и потоки в рыхлых отложениях и загрязняя окружающую среду главными и попутными химическими элементами руд [1].

Библиографический список

1. Беус А.А., Грабовская Л.И., Тихонова Н.В. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1976. 248 с.
2. Бэтман А.М. Промышленные минеральные месторождения. М.: изд-во ИЛ, 1949. 648 с.
3. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2018 году / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. М., 2019. 422 с.
4. Ибламинов Р.Г. Геология и полезные ископаемые Пермского края: учебное пособие / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2023. 138 с.
5. Халезов А.Б. Уран и медь верхнепермской красноцветной формации Предуралья (парагенетические связи) // Минеральное сырьё, № 37, М.; ВИМС, 20119. 142с.
6. Чайковский И.И., Харитонов Т.В. Медистые месторождения // Геологические памятники Пермского края: Энциклопедия / Под общ. ред. И.И. Чайковского; Горный ин-т УрО РАН. Пермь. 2009. С. 323 – 328.
7. Ярошевский А.А. Геохимия земной коры // Российская геологическая энциклопедия: в трёх томах. Т. I. М.; СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010. С. 374–375.

COPPER-COLORED SANDSTONES OF THE KAMA REGION

R.G. Iblaminov

riaminov@psu.ru

The geochemical aspect, stratigraphic, formation position and composition of the copper sandstones in the Perm region are considered. Their exogenous formation and genetic similarity with the deposits of the world are substantiated. Their local history and ecological significance.

Keywords: copper sandstones, geochemistry, conditions of occurrence.