

[551.311.234.5+553.434]:551.734(234.83)

СУЛЬФИДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ЗОН ОГЛЕЕНИЯ ДЕВОНСКИХ КРАСНОЦВЕТОВ СРЕДНЕГО ТИМАНА

И. Шумилов

*Институт геологии Коми НЦ УрО РАН
167000 Россия, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 54
E-mail: shumilov@geo.komisc.ru*

Описано строение палеопочвенных горизонтов, обнаруженных в среднедевонских красноцветных отложениях Среднего Тимана. Выявлена приуроченность концентраций псевдоморфно замещенных растительных фрагментов к бывшим дневным поверхностям и, особенно, к руслам временных водотоков. На основании морфологических, структурных и минералогических особенностей псевдоморфоз сделан вывод об их минерализации на ранних стадиях седиментогенеза. Зоны оглеения, сопровождающие захороненную органику, сформировались во время диагенетической стадии развития осадка.

Ключевые слова: оглеение, палеопочва, красноцветные отложения, джарлеит, псевдоморфозы, девон, Тиман, Россия.

О медных рудах Тиманской меденосной провинции достоверно известно со времён правления Ивана III, который в 1491 г. отправил за государственный счет первую русскую геологоразведочную экспедицию на берега р. Цильмы. А уже в 1496 г. в устье Заводского ручья, впадающего в р. Цильму в 8 км выше устья р. Рудянки, открыли большой по тем временам медеплавильный завод [5, 12].

Терригенные отложения тиманского горизонта среднедевонского возраста (лиственничная, валсовская, цилемская и усть-чиркинская свиты) относятся к пестроцветной формации и представлены в основном переслаивающимися алевролитами и песчаниками зеленого, серо-зеленого, зеленовато-голубого и серого цветов. Практически во всех породах есть то или иное количество вулканогенного материала основного состава вплоть до образования отдельных слоев и линз туффитов и туфов.

Красноцветные осадки, сложенные глинами, алевритовым и мелкозернистым песчаным материалом в различных пропорциях, отмечаются по всему изученному профилю в виде маломощных прослоев и протяженных линз. Частота их встречаемости и мощность тел постепенно возрастают вверх по разрезу и достигают максимума (до 40 м суммарной мощности) в районе впадения р. Рудянки (левого притока) в р. Цильму. Порода, как правило, плотные, но нелигифицированные, окраска варьирует от темно-коричневой до бордово-красной. Одной из особенностей красноцветной толщи является наличие захороненных в ней фрагментов девонской флоры, окруженных довольно мощными каймами осветленных (оглеенных) пород, причем большая часть из них псевдоморфно замещена различными минералами [15].

Погребенный растительный детрит имеет различные размеры: мелкие части травянистой растительности – доли миллиметра, обломки довольно крупных ветвей и

древесных стволов – диаметром до 15 и длиной до 30 см. Углефицированные органические остатки могут быть рассеяны в толще красноцветных пород, но чаще образуют скопления, так называемые древесные свалы, приуроченные к определенным стратиграфическим уровням.

В результате недавних полевых и лабораторных исследований девонских красноцветных отложений в бассейне р. Цильмы мы впервые обнаружили в них многочисленные палеопочвенные горизонты, ритмично повторяющиеся в разрезе через 1–2 м. Некоторые горизонты частично или почти полностью эродированы в процессе осадконакопления. На рис. 1 представлен наиболее полный разрез палеопочвы, эродированный промоиной временного водотока (в левой части). Сам факт обнаружения хорошо сохранившихся погребенных почв довольно значим, поскольку находки палеопочв в девонских отложениях в силу ряда причин довольно редки [17].

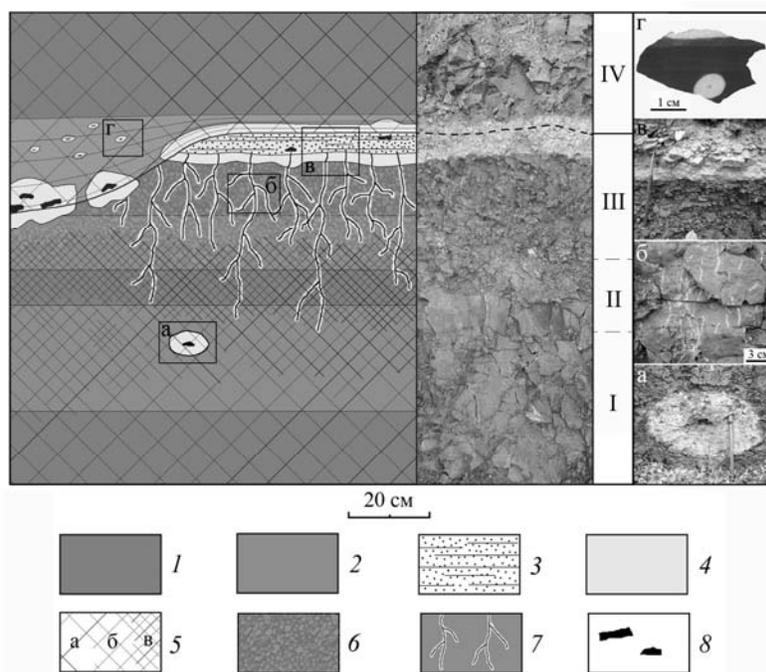


Рис. 1. Полный профиль красноцветных отложений с палеопочвенным горизонтом:

1 – алевритистые глины; 2 – глинистые алевриты; 3 – песчанистый алеврит с тонкими слойками углефицированного мелкого растительного детрита; 4 – оглеенные породы; 5 – оскольчатость пород: а – крупная, б – средняя, в – мелкая; б – комковатые породы; 7 – углефицированные корни с каймами оглеения; 8 – углефицированные обломки ветвей и мелких стволов девонских растений.

Приведенный профиль красноцветных отложений с древней почвой условно разделен на четыре горизонта:

Первый горизонт – неизменные коричнево-бордовые породы субстрата, представленные переслаиванием аллювиальных осадков алевропелитового состава. Породы плотные, крупнооскольчатые, вверх по разрезу постепенно переходят в

среднеоскольчатые. Слои с преобладанием алевритового материала иногда содержат одиночные обломки углефицированной растительности обычно небольших размеров. Мощность горизонта зависит от мощности ритма.

Второй горизонт – это промежуточная зона, постепенный переход среднеоскольчатой породы в мелкооскольчатую и комковатую. Появляются редкие небольшие пятна лиловой, розовой, желтоватой окраски. Зафиксированы редкие углефицированные корни девонской растительности. Мощность горизонта достигает 20 см.

Третий горизонт – собственно палеопочвенный горизонт, имеющий двучленное строение. В нижней части породы комковатые до рассыпчатых, преобладающий цвет – лилово-фиолетовый. Широко развиты пятна обеления до желтовато-розовато-серого, серого цветов с многочисленными микротрещинами, выполненными оксидами и гидроксидами железа. Для пород этой части разреза характерно обилие инситных корневых систем, представленных субвертикальными слабветвящимися корнями толщиной до 1 мм, окруженными резко очерченными зонами оглеения голубого цвета диаметром 4–8 мм, что придает породам еще более пеструю окраску.

Венчает горизонт хорошо выраженный слой мощностью 2–5 см, сложенный преимущественно мелкозернистым песком с многочисленными тонкими (0,1 мм) слойками мелкого растительного детрита. По-видимому, этот слой образовался на бывшей дневной поверхности палеопочвы в результате фильтрации денудированного при плащевом стоке материала через травянистую растительность, остатки которой были захоронены *in situ* или гипавтохтонно. Довольно часто в этом слое встречаются отдельные сравнительно крупные обломки растений. Обилие погребенной органики обусловило сплошную (плащеобразную) зону оглеения мощностью до 15 см. Процесс осветления развивался и в нижележащую почву, и в перекрывающие крупнооскольчатые отложения следующего ритма (*четвертого горизонта*). Общая мощность горизонта может достигать 40 см.

При изучении некоторых обнажений мы обнаружили пологие корытообразные промоины, выработанные, вероятно, временными поверхностными водотоками. Заполнены они, как правило, материалом преимущественно алевритового состава с заметной примесью мелкозернистого песка, доля которого постепенно убывает вверх по разрезу. Часто наблюдают косую разнонаправленную слоистость. Судя по всему, данные отложения относятся к русловым. Главная их особенность – наличие в их подошве многочисленных наиболее крупных фрагментов минерализованной девонской флоры вплоть до образования древесных свалов (в тальвегах палеорусел?). По мере того, как депрессия заполнялась, гранулометрическая крупность осадков, количество и размер растительных остатков уменьшались.

Таким образом, мы обнаружили, что большая часть самых крупных растительных фрагментов накапливалась на бывших девонских дневных поверхностях, особенно в палеодепрессиях.

Как указано выше, во многих органических остатках есть признаки псевдоморфного замещения различными минералами. Наименее распространены (единичные находки) кремненные обломки растительности. Во всех обнаруженных образцах кремнезем замещает органическое вещество с сохранением органогенной структуры, а каналы, поры и прочие полости обычно выполнены карбонатами (преимущественно родохрозитом). Кремненные древесные обломки могут быть

доказательством наличия содовых вод в области осадконакопления. Содовые озера были достаточно распространены в эпохи отложения красноцветных толщ разного возраста и в различных районах в семиаридных климатических условиях [1, 3]. Заметим, что при наличии содовых вод медь содержится в весьма подвижных натровых комплексах, что позволяет ей легко мигрировать в пределах осадка [9].

Основной тип рудной минерализации представлен углефицированными фрагментами девонских растений, в различной степени (до 80 % объема) псевдоморфно замещенными джарлеитом, реже пиритом или обоими сульфидами. В последнем случае джарлеит развивается по пириту. Прочие рудные минералы (малахит, куприт, ковеллин и др.) образовались в процессе современного гипергенеза [13, 15, 16, 18]. В целом количественно сульфид меди преобладает над сульфидом железа. Это связано с дефицитом сероводорода, которого хватало лишь для осаждения меди. По величинам изобарного потенциала реакций образования сульфидов и стандартному изобарному потенциалу медь резко отличается от других металлов, т. е. при любых концентрациях ионов меди, цинка, свинца в растворе в условиях дефицита сероводорода сначала будет осажаться медь. А красноцветные отложения отличаются, как правило, дефицитом сероводорода [7].

Для сульфидных новообразований характерны такие формы: лентовидное псевдоморфное замещение пучков древесных волокон с сохранением унаследованной органогенной структуры, выполнение трещин и внутренних сердцевинных зон стволов и веток, а также поверхностные наросты (рис. 2).

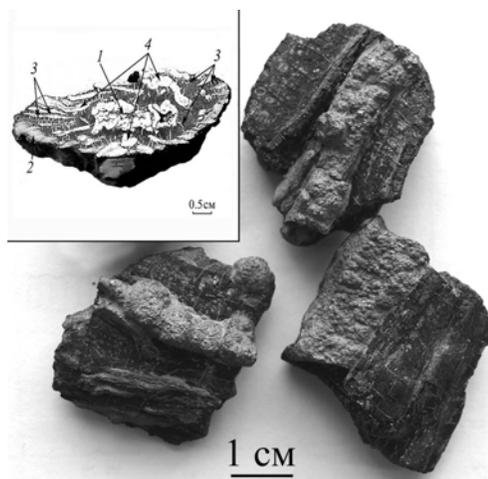


Рис. 2. Верхняя поверхность углефицированных фрагментов растений с гребневидными наростами джарлеита и их поперечный срез:

1 – сердцевинная зона, выполненная крупноблочным сульфидом; 2 – поверхностная корка-нарост; 3 – выполненные контракционные трещины; 4 – псевдоморфно замещенные пучки древесных волокон.

Сохранение первоначальной органогенной структуры (в деталях), как и в случае с кремневыми псевдоморфозами, свидетельствует о замещении органического вещества сульфидами до его заметного разложения, т. е. в достаточно свежем виде. Выполненные сульфидами трещины имеют радиально-лучевую и кольцевую морфологию. Такие трещины возникают в процессе усыхания древесины, а при изме-

нениях объема органического субстрата во время углефикации формируются трещины совершенно иной морфологии: сферические, поперечные сквозные. В подобных трещинах сульфидов нет, выполнены они карбонатами. Внутренние полости или рыхлые сердцевины довольно крупных веток и небольших стволов выполнены обычно массивным крупноблочным сульфидом. В случае развития пирита видно, что деформация растительных остатков (их уплощение) происходила после минерализации, так как блоки пирита – минерала непластичного и хрупкого – потрескавшиеся и дислоцированные. Этого не видно в джарлеитовых псевдоморфозах, поскольку сульфиды меди отличаются значительной пластичностью.

Отдельно рассмотрим сульфидные новообразования на поверхностях растительных обломков в виду их информативности в определенном аспекте. Такие выделения сульфидов представлены гребневидными наростами (обычно вдоль растительных волокон), реже – корками толщиной до 10 мм, которые развиты преимущественно на верхней поверхности фрагментов. Исходя из этого, можно констатировать, что приток рудообразующего вещества происходил сверху, т. е. был нисходящим. Такая направленность движения питающего раствора часто характерна для неуплотненного осадка придонной зоны в застойном водоеме.

С учетом изложенного с полной уверенностью можно сделать вывод о том, что сульфидная минерализация растительной органики происходила на ранней стадии вовлечения фрагментов растений в процесс седиментогенеза, т. е. в придонном полужидком осадке застойных водоемов (в плайевых озерах, старицах временных водотоков) при активной деятельности сульфатредуцирующих бактерий.

Каждый захороненный фрагмент растения окружен каймой оглеенной породы. При массовом погребении растительных остатков зоны осветления сливаются, и в результате в красноцветной толще возникают линзообразные тела светлоокрашенных пород. С момента первых научных исследований [2, 11] меднорудных объектов Цилемской площади до недавнего времени такие тела считали самостоятельными осадочными образованиями. Наши исследования показали, что они возникли вследствие наложенного процесса оглеения [14].

Оглеенные породы в свежем сколе окрашены в голубые цвета – от светлого до лазурно-небесного. Голубой оттенок осветленных пород обусловлен процессами восстановления окисного железа (красный цвет) до закисного с образованием новых фаз, имеющих голубую окраску: $\text{Fe}(\text{OH})_2$ и алюмоферросиликаты [3, 4, 6]. Со временем пребывания в атмосферных условиях окраска пород приобретает сначала зеленоватые оттенки, затем – салатно-зеленые, далее появляются желтоватые тона. Следовательно, в окислительных условиях новообразованные минералы, отвечающие за окраску пород, неустойчивы и разлагаются с окислением железа до трехвалентной формы.

Морфология и размер зон оглеения полностью определяются формой и размерами фрагментов захороненной растительности: оглеение распространяется во все стороны на глубину шести–восьми радиусов обломка (вне зависимости от его размера), транслируя его форму в окружающую породу. Особо заметим, что слоистость исходной породы, обычно выражающаяся в чередовании существенно глинистых и алевритовых слоев, не оказывает какого-либо искажающего влияния на форму зоны оглеения, т. е. распространение процесса оглеения индифферентно по отношению к литологической неоднородности среды. Подобие форм органических обломков и зон оглеения вокруг них свидетельствует о развитии глеевых процессов

в диагенетическую стадию формирования осадков после их практически полного уплотнения. В противном случае наблюдали бы значительное искажение форм зон оглеения по вертикали в результате усадки пелитолитов [8]. Эллипсоидальные контуры зон оглеения в вертикальном сечении (см. рис. 2) обусловлены уплощенной формой породивших их фрагментов растений. Можно утверждать, что во время глеевых процессов не было каких-либо преимущественных направлений в пространстве образующихся реагентов (например, по слоистости пород, при просачивании растворов под воздействием гравитации и т. д.).

Другой характерной чертой рассматриваемых зон оглеения является четкая и резкая граница между осветленной и исходной красноцветной породами: смена окраски происходит в интервале около 0,1 мм вне зависимости от гранулометрического состава матрицы.

Исследование химического состава оглеенных и исходных пород показало, что подавляющее количество окисного железа (за исключением конституционного, содержащегося в хлоритах и вулканических стеклах основного состава) мобилизуется и выносится за пределы зоны оглеения; лишь 5–7 % его восстанавливается до закисной формы. Особо отметим резкое возрастание карбонатности оглеенных разновидностей пород – содержание CO_2 увеличивается до 2,3 % при исходном 0,3–0,4 %. Состав карбонатов изменяется с кальцитового на магнезиально-марганцевый.

Фазовый состав иловой фракции, определенный при помощи рентгенодифрактометрического анализа ориентированных образцов (дифрактометр Shimadzu XRD-6000, излучение – CuK_α , аналитик Ю. Симакова), позволил установить, что глееобразование приводит к трансформации глинистых минералов и выражается в улучшении структуры слоистых силикатов, каолинизации и упорядочивании смешаннослойной фазы: фаза смектит-иллит-хлоритового типа переходит в смектит-иллитовую.

По мнению Е. Борисено [3], сульфатредукция, сопровождающаяся выделением сероводорода, обуславливает связывание железа и других металлов в виде сульфидов и исключает оглеение, т. е. отмеченные процессы должны быть разорваны во времени. Результаты наших исследований подтверждают это: сульфидообразование происходило на самом раннем этапе седиментогенеза, а оглеение – значительно позже, на стадии диагенеза. Таким образом, между оглеением пород вокруг органических остатков и их сульфидной минерализацией существует не генетическая, а лишь парастерическая связь.

1. *Апродова А.А.* Термонатрит в Прикамье // Докл. АН СССР. Нов. сер. 1975. Вып. 48. № 4. С. 293–294.
2. *Бертенев И.П.* О медных рудах на р. Цильме // Изв. Императорского рус. геогр. об-ва. 1896. Т. 32. С. 136–141.
3. *Борисено Е.Н.* Геохимия глеевого катагенеза в породах красноцветной формации. М.: Наука, 1980. 164 с.
4. *Глинка Н.Л.* Общая химия: Учебное пособие для вузов. Л.: Химия, 1983. 704 с.
5. *Карамзин Н.М.* История государства Российского. Т. 4 / Под ред. А.Н. Сахарова. М.: Наука, 1991. 832 с.
6. *Перельман А.И.* Геохимия эпигенетических процессов. М.: Высшая школа, 1961. 496 с.

7. *Перельман А.И.* Геохимия эпигенетических процессов (зона гипергенеза). М.: Недра, 1968. 332 с.
8. *Фролов В.Т.* Литология. Т. 2. М.: Изд-во МГУ, 1993. 432 с.
9. *Хасанов Р.Р., Галеев А.А.* Минералообразующая роль захороненных растительных остатков в процессе гидрогенного медного рудогенеза // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. 2004. № 1. С. 18–22.
10. *Чальшиев В.И.* Открытие ископаемых почв в пермских и триасовых отложениях // Докл. АН СССР. 1968. Т. 182. № 2. С. 426–429.
11. *Чернов А.А.* Полезные ископаемые Печорского края // Тр. Ин-та по изучению Севера. М., 1926. Вып. 35.
12. *Шумилов И.Х.* История открытия первого медного месторождения в России // Горный журн. 2008. № 12. С. 88–90.
13. *Шумилов И.Х., Каблис Г.Н.* Особенности минерального состава сульфидов меди Среднего Тимана // Докл. РАН. 2008. Т. 418. № 5. С. 686–688.
14. *Шумилов И.Х.* Медные руды девонских отложений Среднего Тимана // Сыктывкарский минерал. сб. 2007. № 35. С. 11–21.
15. *Шумилов И.Х.* Сульфиды меди псевдоморфоз в девонских отложениях Среднего Тимана // Записки Рос. минерал. об-ва. 2007. Ч. 136. Вып. 6. С. 64–76.
16. *Шумилов И.Х., Шубин Ю.П.* Сравнительная характеристика сульфидных псевдоморфоз по флоре в тиманских и донбасских отложениях // Наук. праці ДонНТУ. Сер. гірн.- геол. 2008. Вип. 8 (136). С. 234–240.
17. *Marriott S.B., Wright V.P.* Investigating paleosol completeness and preservation in mid-Paleozoic alluvial paleosols: A case study in paleosol taphonomy from the Lower Old Red Sandstone // Geol. Soc. of America. 2006. Spec. Paper 416. P. 43–52.
18. *Shumilov I.Kh.* Copper Sulfide Pseudomorphs after Phytodetritus in Devonian Sedimentary Rocks of the Middle Timan Region // Geology of Ore Deposits. 2008. Vol. 50. N 8. P. 763–771.

**SULPHIDE MINERALIZATION OF GLEYING ZONES
IN DEVONIAN RED SEDIMENTARY ROCKS
OF THE MIDDLE TIMAN REGION**

I. Shumilov

*Institute of Geology, Komi Science Centre, Ural Branch of RAS
Pervomaiskay St. 54, RU – 167000 Syktyvkar, Russia
E-mail: shumilov@geo.komisc.ru*

Structure of discovered paleosols horizons in Devonian red sedimentary rocks of the Middle Timan Region is considered. Location of concentration pseudomorphs after vegetable detritus on ancient old surfaces and especially on beds of temporary streams is described. On the basis of morphological, structural and mineralogical features of pseudomorphs conclusion about their sulphide mineralization at sedimentary stage is made. Gley zones around burial organic material have been appeared at diagenetic stage.

Key words: gleying, paleosol, red sedimentary rocks, jurleite, pseudomorphs, Devonian, Timan region, Russia.

**СУЛЬФІДНА МІНЕРАЛІЗАЦІЯ ЗОН ОГЛЕЕННЯ
ДЕВОНСЬКИХ ЧЕРВОНОКОЛІРНИХ ВІДКЛАДІВ
СЕРЕДНЬОГО ТІМАНУ**

І. Шумілов

*Інститут геології Комі НЦ УрВ РАН
167000 Росія, м. Сиктивкар, вул. Первомайська, 54
E-mail: shumilov@geo.komisc.ru*

Описано будову палеогрунтових горизонтів у середньодевонських червоноколірних відкладах Середнього Тіману. Виявлено приуроченість концентрацій псевдоморфно заміщених рослинних фрагментів до минулих денних поверхонь і, особливо, до русел тимчасових водотоків. На підставі морфологічних, структурних і мінералогічних особливостей псевдоморфоз зроблено висновок про їхню мінералізацію на ранніх стадіях седиментогенезу. З'ясовано, що зони оглеєння, які супроводжують поховану органіку, сформувалися під час діагенетичної стадії розвитку осаду.

Ключові слова: оглеєння, палеогрунт, червоноколірні відклади, джарлеїт, псевдоморфози, девон, Тіман, Росія.

Стаття надійшла до редколегії 01.07.2009

Прийнята до друку 15.09.2009