

**О.В. Коротченкова, И.И. Чайковский**  
Горный институт УрО РАН, г. Пермь

## НОВАЯ НАХОДКА УГЛЕФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ В СОЛЯХ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Исследование ствола углефицированного дерева, обнаруженного в солях Верхнекамского месторождения показало, что его вынесло в бассейн в период поступления с суши мутьевых потоков, прервавших калийную седиментацию. С пресным ( $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ ) составом вод связана кристаллизация здесь глауберита. Диагенетические процессы проявились в образовании желваков ангидрита и сульфатредукционного пирита. Формирование жильного силвина, выполняющего контракционные трещины в углефицированной древесине, связывается со складчатостью. Наиболее высокое значение коэффициента сухости газов в углефицированной древесине говорит о том, что она и является источником метана. Следовательно, вмещающие силвиниты Верхнекамского месторождения, более богатые тяжелыми углеводородами, унаследовали свой газовый состав преимущественно от органического вещества животной (сапропелевой) природы.

*Ключевые слова:* Верхнекамское месторождение солей, углефицированная древесина, связанные газы в солях

**DOI: 10.17072/chirvinsky.2024.81**

**Введение.** Находки углефицированной древесины в соляных отложениях – явление относительно редкое в силу климатических и химических особенностей накопления последних (аридный климат, засоление почв вблизи эвапоритового бассейна), поэтому их изучение представляет, прежде всего, научный интерес. А поскольку весь флористический материал, присутствующий в соляных породах практически полностью углефицирован, он может генерировать и сорбировать газовой-жидкие флюиды.

За всю историю разработки Верхнекамского месторождения солей древесные углистые остатки фиксировались неоднократно и первые публикации относятся к середине прошлого века. Размер находок в опубликованных данных варьирует от первых сантиметров до 40 см (диаметр целого ствола), длина – от первых сантиметров (фрагменты) до 5,5 м (ствол, зафиксированный в обеих стенках выработки). Они приурочены к разным стратиграфическим уровням (снизу вверх): от подстилающей каменной соли (ПдКС), в том числе ниже маркирующего горизонта (МГ), и до пласта А–А'.

Очередная находка была обнаружена весной 2023 г. на руднике БКПРУ-4 при вскрытии пласта КрI–КрII. Фрагменты, встреченные в обеих стенках выработки, имеют в среднем диаметр 8–13 см (восточная стенка) и 25–30 см (западная) с учетом прожилкования.

**Методика исследования.** В настоящей работе приводятся результаты изучения фрагмента ископаемой древесины из восточной стенки, блок размером 25×40×10 см, любезно предоставленного геологами ПАО «Уралкалий».

Были изучены минеральный состав, структурно-текстурные особенности древесины и вмещающей ее породы, определено содержания в них связанных газов.

Предварительно было выполнено макрофотографирование образца. Минералого-петрографические исследования проводились с помощью стереомикроскопа Stemi 508 и сканирующего электронного микроскопа VEGA 3 LMN (Tescan) с системой рентгеновского энергодисперсионного микроанализа Oxford Instruments INCA Energy 250/X-max 20 при напряжении 20.0 кV в режиме обратнорассеянных электронов (BSE) («ГИ УрО РАН», г. Пермь), для улучшения токопроводящих характеристик поверхность препарата напылялись углеродом.

Определение компонентного состава связанных газов производилось в ЦКП «Центр изучения свойств геоматериалов» ПНИПУ (г. Пермь) с помощью газового хроматографа 450-GC («Varian, Inc», США), аналитик к.т.н. О.В. Иванов.

**Минералого-петрографические исследования.** В исследованном образце наблюдается волнистый контакт пластов КрII и КрI–КрII (корж 1) (рис. 1 а). В его строении принимают участие следующие породы (снизу вверх).

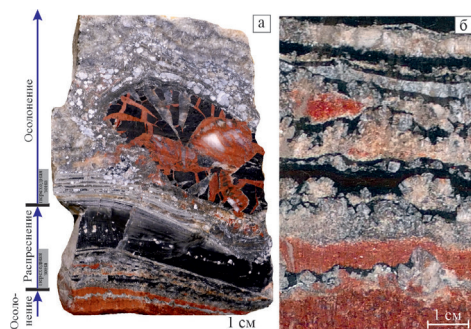


Рис. 1. Общий вид образца (а) и детали строения силвинита и галопелит-галитовой слоистой породы (б)

1. Фрагмент пласта Кр II представлен *силвинитом* красным микрозернистым с элементами ориентированной структуры слоистым

(видимая мощность пласта 0–3 см, 2 годовых слоя) (рис. 2). Порода сложена зернами сильвина часто белесыми с красной каймой оксидно-железистого красящего вещества (микрочастицы гематита); присутствует примесь зерен галита бесцветного. Слоистость породы подчеркивается тонким темно-серым галопелитовым слойком с включениями мелких и средних идиоморфных кристаллов галита бесцветного, которые часто облекаются частицами галопелита (рис. 1 б). Порода сформировалась на стадии сильвиновой садки.

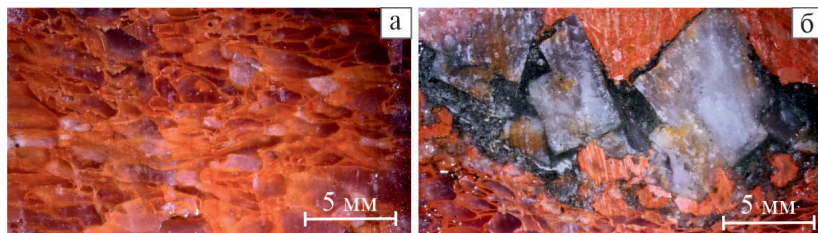


Рис. 2. Детали строения сильвинита: а – ориентированная структура, видны включения галита и красная кайма в сильвине; б – галопелитовый прослой с включениями идиоморфного галита, заметна пятнистая окраска галита

2. Выше залегает слой серой *галопелит-галитовой слоистой породы* мощностью 3–5 см – тонкое ритмичное чередование темно-серого галопелитового материала и желтовато-бесцветного пятнистого агрегата галита (рис. 1 б) с микро-мелкозернистой структурой, причем очень часто для мелких кристаллов галита характерен идиоморфизм. Локально в галитовых слойках наблюдаются включения микрокристаллов сильвина красного. Интервал представляет собой переходную зону и характеризует начальную стадию распреснения бассейна – постепенную смену накопления сильвинового осадка галопелит-галитовым.

3. Далее следует темно-серый *галопелитовый прослой* мощностью 3–5 см с субогласными включениями псевдоморфоз по глаубериту (рис. 3 а). Порода имеет доломит-глинистый состав (~40 и 60 % соответственно) пелитоморфную структуру и микрослоистую текстуру за счет периодического обогащения хлоридными минералами и органическим веществом (рис. 3 б). На микроуровне в ней выявлены рассеянные (~5 %) кристаллы пирита микронной размерности, углефицированный растительный детрит и терригенные алевритовые зерна.

Ромбовидные псевдоморфозы по глаубериту желтовато- или красновато-белые размером от первых миллиметров до 8 мм имеют полиминеральный состав – призматические кристаллы ангидрита и ромбэдры

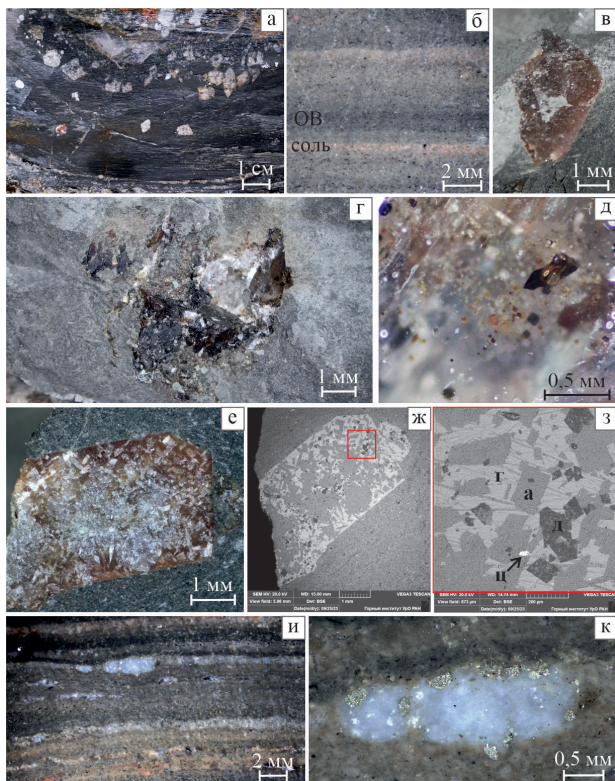


Рис. 3. Детали строения доломит-глинистого прослоя: а – включения псевдоморфоз по глаубериту; б – микрослоистая текстура породы; в – псевдоморфоза по глаубериту; г, д – включение галита с примазками битуминозного вещества и ГЖВ в галите; е–з – полиминеральный состав псевдоморфозы (а – ангидрит, г – галит, д – доломит, ц – целестин), заметна желтоватая окраска галита; и–к – сульфатный материал в кровле прослоя и пирит по периферии желвака ангидрита

доломита размером 0,1–0,2 мм «сцементированы» галитом, реже сильвинном; выявлены также редкие микрокристаллы целестина (рис. 3 в, е–з).

Порода осолонена – галит и сильвин, кроме послонного обогащения, визуализируются в интерстициях пелитовых частиц, а также выполняют поры в частицах растительного детрита. Присутствуют редкие относительно крупные включения галита (рис. 3 г) размером до первых сантиметров с примесью битуминозного вещества – характерный запах, темно-коричневые смолистые примазки, а также газово-жидкие кристаллографические включения в самом галите (рис. 3 д). Вблизи таких галитовых включений наблюдаются полимиктовые песчаные зерна.

В кровле прослоя зафиксированы признаки постепенного осолонения бассейна – рассеянные послойные включения округлых желваков ангидрита размером первые миллиметры (рис. 3 и). По периферии желваков локализованы микрокристаллы пирита (рис. 3 к) (диагенетическая сульфатредукция). Вблизи контакта с вышележащей солью отчетливо заметно расслоение породы и «залечивание» галитом желтоватым с образованием согласных прожилков мощностью до 5–7 мм.

В целом интервал отражает практически полное прекращение кристаллизации хлоридных солей и накопление карбонатно-терригенного материала с периодическим привнесом континентальных вод (растительный детрит, кристаллизация глауберита). Признаки эвапоритового процесса выявлены лишь в кровле прослоя. Расслоение и прожилкование в кровле слоя связаны с постдиагенетическими (соскладчатыми) преобразованиям толщи.

4. Вышезалегаящий слой представлен каменной солью перистой серой мелко-среднезернистой среднеслоистой с тонкими темно-серыми прослойками галопелита и рассеянными (1 %) желваками ангидрита округлыми до овальных размером до 1 см и редкими псевдоморфозами глауберита, аналогичными вышеописанным.

Большую часть слоя занимает фрагмент углефицированного дерева, «разбитый» сильвиновыми бесцветно-бело-красными и галитовыми серо-бесцветными прожилками на сектора и сегменты (максимальный размер (радиус) сектора около 8 см). Именно в результате интенсивного прожилкования и произошло «выпячивание» древесного фрагмента из нижележащего галопелитового в вышележащий слой каменной соли с разрывом облегающих его галопелитовых слоев (кровли галопелитового слоя). Прожилки выполнены параллельношестоватым агрегатом, а их мощность варьирует от волосовидных до 8 см. В галите и сильвине присутствуют фрагменты углистого материала, в агрегате сильвина отмечаются редкие микровключения галита синего. Вдоль контактов галита и сильвина с углем, а также в самих хлоридах наблюдаются скелетные кристаллы и метакристаллы пирита (рис. 4 в–е).

Заметно, что над стволом дерева количество ангидритовых желваков увеличено (рис. 1 а), что обусловлено сорбционными свойствами древесины, которая при формировании осадка насыщалась сульфатсодержащим рассолом, а на стадии диагенеза за счет собирательной кристаллизации здесь происходило образование желваков. По периферии дерева, особенно в нижней части, также наблюдаются прожилковые галит и сильвин.

Углистый материал имеет отчетливую древесную структуру (рис. 4 а), в которой просматриваются трахеиды с округлыми и овальными порами; заметны локальные пластические и хрупкие деформации. Выявлены тонкодисперсные включения пирита (рис. 4 б), часто локализованные вдоль волокон древесины, а поры часто выполнены галитом и сильвинем.

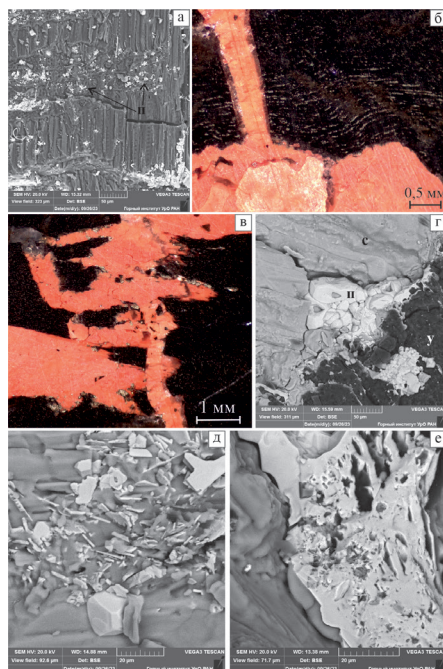


Рис. 4. Детали строения углефицированной древесины: а – видны древесная структура и тонкорассеянный пирит (п); б – пирит локализованный вдоль пластично деформированных волокон древесины; в–г – включения пирита на контакте сильвина (с) и угля (у); д–е – морфология пирита в хлоридах (скелетные кристаллы и метакристаллы)

На некоторых участках на внутренних стенках трахеид (смоляной ход?) были выявлены скопления углистых шариков размером от субмикронных до 50 мкм проблематичной природы (компонент самого дерева (смола)?, бактериальный материал?, особенности углефикации?) (рис. 5).

По предварительным данным находку можно отнести к голосеменным растениям, возможно, кордаитовым, которые были распространены в пермском периоде (устное сообщение палеоэколога лаборатории палеоботаники Ботанического института РАН к.б.н. М.А. Афонина). Более ранние находки были определены как *Dadoxylon kenderlykense* Zalessky [1].

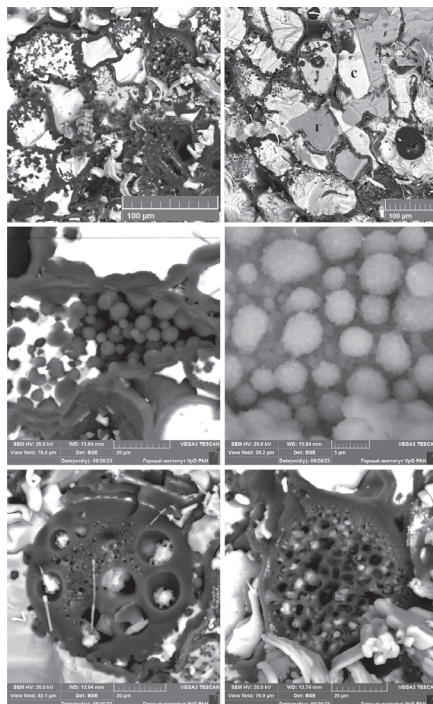


Рис. 5. Детали строения проблематичных образований в структуре древесины. Поры в древесине частично выполнены галитом (г) и сильвинином (с)

**Исследование газового состава пород.** Состав связанных газов был определен в сильвините красном (пласт Кр II), галопелитовом про- слое, сильвине жильном (секущем древесный остаток) и в самом угли- стом материале. Все пробы имеют углеводородно-азотный состав, что в целом характерно для пород Верхнекамского месторождения [3], но можно отметить и некоторые локальные особенности в распределении отдельных компонентов (рис. 6).

Сопоставление проанализированных пород показало, что по ко- эффициенту сухости газов ( $C_1/(C_{1-5})$ ) они могут быть выстроены в сле- дующий ряд: сильвинит (0,27) → галопелит (0,34) → сильвин жильный (0,40) → углефицированная древесина (0,65). Подобное распределе- ние может говорить о том, что углефицированная древесина и являет- ся источником метана. Она присутствует в виде рассеянного детрита в галопелитовом материале и она же насыщала растворы, из которых фор- мировалась жильная минерализация. Унаследованность последней от

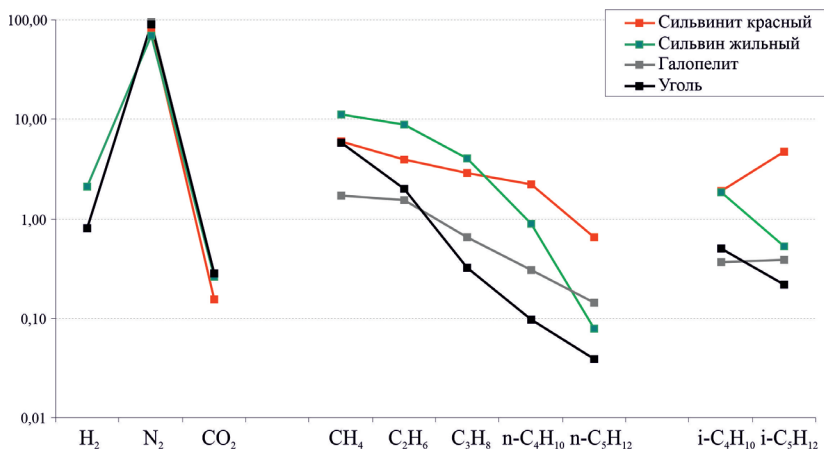


Рис. 6. Состав связанных газов в исследованных породах (об. %)

древесины подтверждается также повышенным содержанием углекислого газа, который формировался за счет бактериального разложения органического вещества.

**Результаты исследования.** Поступление ствола дерева в бассейн соленакпления происходило на стадии крупного [4] распреснения эвапоритового бассейна, когда с суши в виде взвеси привносились значительные массы глинистого материала. Об этом же свидетельствует присутствие глауберита [2].

Образование желваков ангидрита и рассеянного в углефицированной древесине пирита связывается с диагенетическим преобразованием осадка.

Формирование жильного сильвина в ранее сформировавшихся контракционных трещинах древесины и деформации прилегающих прослоев могли происходить во время складчатого катагенеза.

Относительная обогащенность метаном углистого материала, а также содержащего растительный детрит галопелита и жильного сильвина, позволяет предполагать, что он формировался за счет термального преобразования древесного материала. Следовательно, вмещающие сильвиниты, более богатые тяжелыми углеводородами, унаследовали свой газовый состав преимущественно от органического вещества животной (сапропелевой) природы.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания (рег. № НИОКТР 124020500052-9 (Процессы рудообразования и гипергенной трансформации эвапоритов Пермского Предураля).*



### *Библиографический список*

1. Иванов А.А., Шешуков Н.Г., Сапрыкин Ф.Я. Древесные остатки в ископаемых соляных залежах // Сов. геология. 1963. № 8. С. 107–111.
2. Коротченкова О.В. Новые данные о глауберите Верхнекамского месторождения солей // Горное эхо. 2023. № 2 (91). С. 10–14. DOI:10.7242/echo.2023.2.2
3. Чайковский И.И., Иванов О.В. Новые данные по геохимии газов калийных месторождений // Вестник Пермского университета. Серия Геология. 2014. Вып. 4(25). С. 56–65.
4. Чайковский И.И., Корочкина Е.О. О крупном перерыве калийной седиментации в Соликамском палеобассейне // От анализа вещества – к бассейновому анализу. Материалы 13 Уральского литологического совещания. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2020. С. 289–291.

## A NEW FIND OF CARBONIZED WOOD IN SALT OF THE VERKHNEKAMSKOE DEPOSIT

**O. V. Korotchenkova, I. I. Chaikovskiy**

*korotchenkova@mi-perm.ru*

A study of carbonized wood found in the salts of the Verkhnekamskoe Deposit showed that it was carried into the basin during the period when turbidity currents arrived from the land, interrupting potassium sedimentation. The crystallization of glauberite here is associated with the sweet ( $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ ) composition of the waters. Diagenetic processes manifested themselves in the formation of nodules of anhydrite and sulfate-reduced pyrite. The formation of vein sylvite, which composes contraction cracks in carbonized wood, is associated with folding. The highest value of the gas dryness coefficient in carbonized wood indicates that it is a source of methane. Consequently, the host silvinites of the Verkhnekamskoe Deposit, richer in heavy hydrocarbons, inherited their gas composition mainly from organic matter of animal (sapropelic) nature.

*Key words: Verkhnekamskoe Deposit, carbonized wood, gases in salts.*