

МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОГРАФИЯ, ЛИТОЛОГИЯ

УДК 553.5:549 (470.42)

**МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И ГЕМОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ОКАМЕНЕЛОГО ДЕРЕВА УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Д.А. ПЕТРОЧЕНКОВ

*ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени С. Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: p-d-a@mail.ru*

Впервые изучены минеральный состав и геммологические характеристики окаменелого дерева Ульяновской области ювелирно-поделочного качества. Окаменелое дерево связано с нижнемеловыми отложениями и состоит преимущественно из кальцита (до 73 мас. %), присутствуют пирит, апатит, гипс; фиксируются доломит, ангидрит, гематит, пиролюзит, органическое вещество, рентгеноаморфное вещество. По технологическим и декоративным характеристикам окаменелое дерево Ульяновской области является качественным ювелирно-поделочным материалом флорогенной группы.

Ключевые слова: ювелирно-поделочное сырьё; окаменелое дерево; кальцит; нижнемеловые отложения; Ульяновская область.

DOI:10.32454/0016-7762-2018-6-18-40

**MINERAL COMPOSITION AND GEMOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF THE PETRIFIED WOOD OF THE ULYANOVSK REGION**

D.A. PETROCHENKOV

*Russian State Geological Prospecting University
23, Miklouho-Maklay's street, Moscow 117997, Russia
e-mail: p-d-a@mail.ru*

For the first time, the mineral composition and gemological characteristics of the petrified wood from the Ulyanovsk region, of jewelry and ornamental quality, have been studied. The petrified wood is associated with the Lower Cretaceous deposits and consists mainly of calcite (up to 73 mass. %); pyrite, apatite, gypsum are present; dolomite, anhydrite, hematite, pyrolusite, organic matter and X-ray amorphous substance have been fixed. According to the technological and decorative characteristics, the petrified wood of the Ulyanovsk region is a quality jewelry and ornamental material of the florogenic group.

Keywords: jewelry and ornamental raw materials; petrified wood; calcite; Lower Cretaceous deposits; Ulyanovsk region.

Окаменелое дерево — популярный ювелирно-поделочный материал флорогенной группа [2]. Сохранение текстуры древесины, деталей её строения, разнообразие расцветок и хорошая полируемость делает окаменелое дерево высокодекоративным и технологичным материалом. Окаменелое дерево встречается в различных регионах мира. Всемирной известностью пользуется национальный парк «Окаменелый лес» в штате Аризона, США. Стволы араукариевых сосен возрастом 200 млн лет и размером более 3 м замещены халцедоном и опалом [2]. Объекты с окаменелым деревом известны и в РФ, но в качестве ювелирно-поделочного материала оно используется в крайне ограниченных количествах.

В последний период на российском рынке появился широкий ассортимент сувенирных, интерьерных и ювелирных изделий из окаменелого дерева Ульяновской области (рис. 1). Окаменелое дерево ювелирно-поделочного качества связано с нижнемеловыми отложениями. Они представлены серо-коричневыми рыхлыми песчаниками, тёмно-серыми глинистыми алевролитами и чёрными глинами. В разрезе находятся также слои чёрных горючих сланцев и слой крупных плотно расположенных карбонатных конкреций «аптечная плита». Общая мощность нижнемеловых отложений около 100 м [1, 3].

Сбор окаменелого дерева осуществляется в весенне-летний период из склоновых отложений и в зоне пляжа р. Волга, без горных выработок и нарушения экологии. Отдельные куски окаменелого дерева имеют массу в несколько килограмм, что позволяет изготавливать и крупные сувенирные изделия.

В ульяновской области помимо окаменелого дерева добывают и другие виды ювелирно-поделочного сырья: аммониты, септарии, конкреции с фоссилиями, спектропит, сенгилит, окаменелости морских рептилий [4, 5], что делает широким ассортимент изделий, а производство высоко rentабельным. Ряд видов ювелирно-поделочного сырья остаётся геммологически не изученным. К

ним относится и окаменелое дерево. Детальные минералогические и геммологические исследования окаменелого дерева Ульяновской области проведены автором впервые.

Методы исследований

Комплекс исследований окаменелого дерева ювелирно-поделочного качества проведён на кафедре минералогии и геммологии МГРИ-РГГРУ, в ФГБУ «ВИМС», ИГЕМ РАН. Он включал определение микротвёрдости, плотности, люминесцентных свойств, химического состава, оптико-петрографические и электронно-зондовые исследования.

Количественное определение химического состава окаменелого дерева выполнено методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (РФА), на вакуумном спектрометре последовательного действия Axios MAX Advanced. Оптико-петрографический и минералогический анализы выполнены с использованием микроскопа «Полам Р-112». Микротвёрдость определялась на микротвёрдометре «ПМТ-3» с нагрузкой массой 50 г и экспозицией 15 с. Плотность образцов определялась гидростатическим методом на электронных весах «Sartorius Gem G150D». Люминесценция изучалась под ультрафиолетовой лампой «Multispec System Erickhorst» с λ 254 и 365 нм. Минеральный состав определялся рентгенографическим количественным фазовым анализом (РКФА) на установке «X'Pert PRO MPD». Электронно-зондовые исследования выполнены на микроанализаторе «Jeol JXA-8100», позволяющем получить химический состав по данным рентгеноспектрального микроанализа (РСМА), провести анализ образцов в обратно-рассеянных электронах (ОРЭ). Содержание кислорода рассчитывалось по стехиометрии.

Результаты исследований

По данным РКФА окаменелое дерево состоит преимущественно из кальцита (до 73 мас. %). Концентрация изоморфной примеси $MgCO_3$ в кальци-

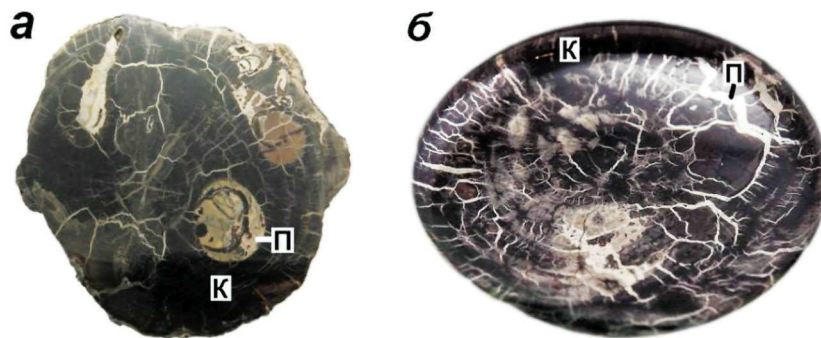


Рис. 1. Полированная пластина 9×10 см (а) и кабшон 40×30 мм (б) окаменелого дерева: К — кальцит, П — пирит

Таблица 1

Химический состав окаменелого дерева по данным РФА

Номер образца	Содержание компонента, мас. %											
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S	ППП
У-Д	0,11	1,34	0,01	0,06	0,01	40,75	0,01	2,80	7,42	2,66	10,45	35,81
Д-5	0,22	1,13	0,00	0,08	0,01	38,92	0,01	3,70	9,88	6,63	12,11	27,12

Примечание. ППП — потери при прокаливании.

Таблица 2

Содержание элементов-примесей в окаменелом дереве по данным РФА

Номер образца	Содержание элемента ($n \times 10^{-4}$ мас. %)															
	Cr	V	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Ba	U	Th	Y	Nb	Pb	As
У-Д	<10	20	<10	<10	<10	<10	<10	852	<10	55	<10	<10	15	<10	<10	<10
Д-5	<10	15	<10	10	<10	<10	<10	1088	<10	118	<5	<5	34	5	<10	<10

те составляет 7 мас. %. В значительных количествах присутствуют, мас. %: пирит до 15, апатит до 16, а также гипс до 2. Фиксируются доломит, ангидрит, гематит, пиролюзит и рентгеноаморфная фаза. Низкие содержания Na₂O, Al₂O₃, SiO₂, K₂O свидетельствуют об отсутствии алюмосиликатов и кварца, а повышенные количества MnO (до 3,70 мас. %) — о присутствии пиролюзита (табл. 1). Из элементов-примесей фиксируются повышенные содержания, мас. %: Sr до 0,1088, Ba до 0,0118 и низкие V до 0,0020, Y до 0,0034. Отметим, близкие к

фоновым содержания радиоактивных U, Th, и канцерогенных Pb, As элементов (табл. 2).

Окаменелое дерево Ульяновской области преимущественно чёрной, реже тёмно-коричневой и редко коричневой окраски. Сохраняется исходная структура дерева с годовыми кольцами. Характерны тонкие (0,1 мм) прожилки пирита и более крупные — до 5 мм — кальцита. Текстура массивная, чаще полосчато-кольцевая.

Окаменелое дерево — плотная непрозрачная порода, хорошо полируется до зеркального блеска.

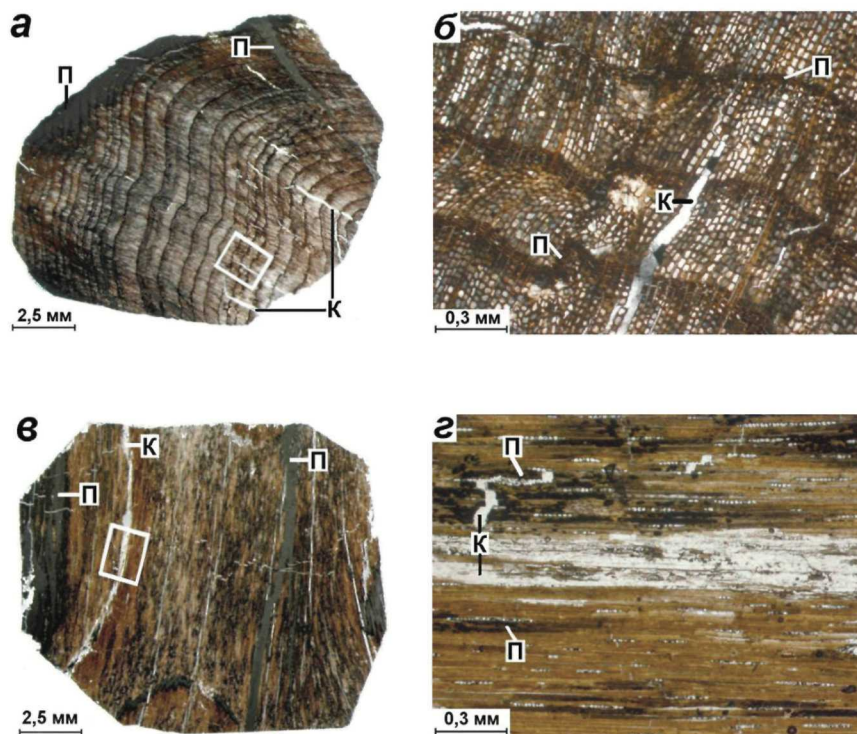


Рис. 2. Общий вид прозрачного шлифа поперечной (а) и продольной (в) поверхности окаменелого дерева и фрагменты детализации (б, г). Без анализатора; К — кальцит, П — пирит, прямоугольник — фрагмент детализации

Раскалывается с раковистым, неровным изломом поперёк исходной структуры дерева и с ровным — вдоль. Микротвёрдость для участков, выполненных кальцитом, составляет, в среднем, 236 кг/мм², для пиритизированных участков возрастает до 543 кг/мм². Плотность изменяется от 2,7 до 2,8 г/см³. Люминесценция характерна для кальцитовых прожилков в желтовато-белёсых тонах.

В прозрачном шлифе хорошо проявлена структура окаменелого дерева, характеризующаяся годовыми кольцами (рис. 2, а, б). Ширина годовых колец от 0,2 до 1 мм. Поперёк годовым кольцам расположены параллельные цепочки ячеек, представляющие собой замещённые кальцитом и апатитом растительные клетки. Размер ячеек около 0,03 мм. Продольная поверхность окаменелого дерева имеет слоисто-параллельную текстуру (рис. 2, в, г). Слои, шириной 0,03—0,06 мм, достаточно выдержаны.

Кальцит, выполняющий ячейки, бесцветный, имеет одинаковую ориентировку в виде цепочек между годовыми кольцами. Размер кристаллов соответствует размеру ячейки. Стенки ячеек и зоны контакта годовых колец без анализатора имеют коричневый цвет (рис. 2, б) и образованы тонкодисперсным апатитом. На продольной поверхности окаменелого дерева наблюдается удлинённая форма кристаллов кальцита (рис. 2, г). В бесцветных слоях кальцит имеет призматическую форму,

в коричневых — игольчатую. Игольчатые кристаллы в отдельных фрагментах образуют сноповидные агрегаты. Характерен близкий угол угасания и отсутствие плеохроизма коричневых слоёв. В кальците присутствуют многочисленные дисперсные включения пирита.

Для окаменелого дерева характерны как поперечные, так и продольные прожилки кальцита и пирита. Контакты прожилков чёткие, достаточно ровные. Ширина пиритовых прожилков 0,02—0,5 мм, кальцитовых не превышает 0,2 мм. Пирит может замещать и более крупные участки шириной до 1,5 мм (рис. 2, а, в). Кальцит, выполняющий трещины, изометричной формы. Его размер в тонких прожилках соответствует их ширине. В более широких прожилках рост кристаллов кальцита осуществляется от обеих стенок трещин. Иногда наблюдаются прожилки, выполненные одновременно кальцитом и пиритом. Кальцит может располагаться по краям прожилка, а пирит в центральной части. В узких прожилках часто минералы последовательно сменяют один другой. Пиритовые прожилки преимущественно пересекают кальцитовые, что указывает на его более позднее образование.

В ОРЭ отчётливо проявляется структура и различный минеральный состав окаменелого дерева что позволило установить особенности распределения минералов (рис. 3, 4). Кальцит замещает исходное органическое вещество древесины с сохра-

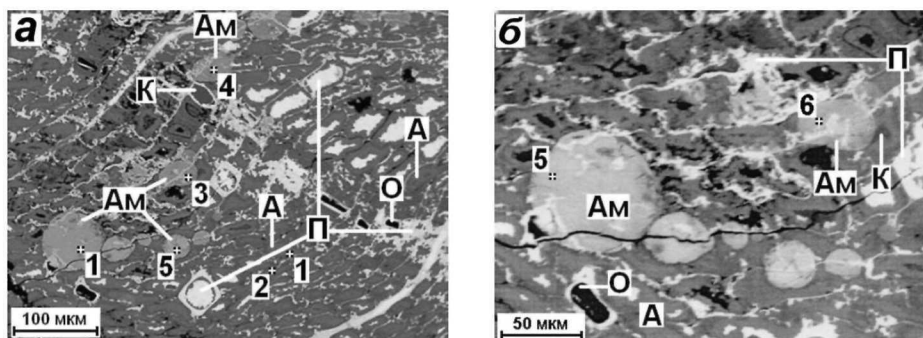


Рис. 3. Включения пирита (П), органического вещества (О), аморфного вещества (Ам) в окаменелом дереве. Микронд, изображение в ОРЭ; К — кальцит, А — апатит, 1-6 — номер спектра

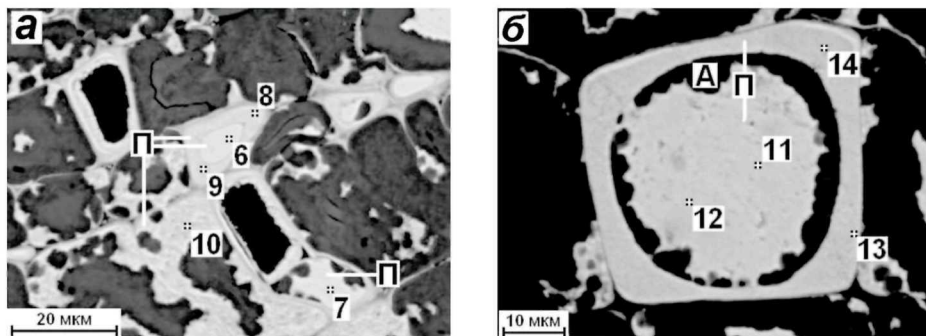


Рис. 4. Включения пирита в окаменелом дереве. Микронд, изображение в ОРЭ. П — пирит, А — апатит, 6-14 — номер спектра

Таблица 3

Химический состав кальцита в окаменелом дереве по данным РСМА

Содержание элемента, мас. %				
Mg	Mn	Fe	Ca	O
0,41—0,65 0,56	2,28—3,06 2,83	0,17—0,94 0,40	34,45—36,06 35,43	16,04—17,11 16,65

Примечание. Над чертой — максимальное и минимальное содержания, под чертой — среднее по шести спектрам.

нением его структуры. По данным РСМА в кальците фиксируются повышенные содержания в среднем, мас. %: Mg 0,56, Fe 0,40 и высокие содержания Mn 2,83 (табл. 3).

Апатит занимает как центральную часть замещённых клеток древесины, так и краевой контур или выполняет их полностью. В апатите фиксируются высокие содержания P, Ca и O, повышен-

личной окраске в ОРЭ. На основном светлом фоне присутствуют многочисленные точки, пятна, полосы серого цвета (рис. 4). Неоднородный состав пирита подтверждается значительными колебаниями содержаний элементов в спектрах.

Помимо основных вышеописанных минералов в окаменелом дереве фиксируются органическое вещество и рентгеноаморфное вещество сложного химического состава (рис. 3). Органическое вещество выполняет исходные структурные элементы древесины размером до 30 мкм, а также развивается по контурам апатит-кальцитовых выделений, заполняет поры (рис. 3). По данным РСМА в органическом веществе фиксируются повышенные содержания Na, Mg, P, S, Ca, Mn, Fe, Ge и O (табл. 4).

Рентгеноаморфное вещество также в определённых участках окаменелого дерева присутствует

Таблица 4

Химический состав органического вещества в окаменелом дереве по данным РСМА

Номер спектра	Содержание элемента, мас. %								
	Na	Mg	P	S	Ca	Mn	Fe	Ge	O
1	0,19	0,50	0,10	1,75	5,42	1,04	0,70	1,53	6,54
2	— —	0,52	0,11	3,11	5,89	1,16	0,89	1,56	8,97

Таблица 5

Химический состав рентгеноаморфного вещества в окаменелом дереве по данным РСМА

Номер спектра	Содержание элемента, мас. %						
	Na	P	S	Ca	Mn	Fe	O
1	0,48	6,48	1,98	19,24	0,58	22,70	29,18
2	0,05	5,56	1,76	16,86	0,71	28,19	29,06
3	0,26	7,39	1,74	22,18	0,34	19,82	29,78
4	0,29	7,42	1,29	21,06	0,60	21,10	29,32
5	0,24	6,90	1,57	20,45	0,61	22,60	29,34
6	0,12	7,11	1,92	21,46	1,20	17,96	28,68

ные — Na, Mg, S, Mn и Fe. По химическому составу его можно отнести к гидроксипириту. Значение содержаний в спектрах существенно отличается, что связано с микровключениями других минералов.

Пирит более поздний минерал, развивается по трещинкам, образует каймы вокруг выделений кальцита и апатита, выполняет значительные по площади фрагменты (рис. 3, 4). Кристаллы пирита, размером 1—3 мкм, при срастании образуют более крупные выделения с неровными контурами. Из элементов-примесей в пирите фиксируются повышенные содержания, мас. %: O до 7,9 и Ca до 1,2. Содержание O связано с окислением пирита и образованием оксидов Fe и сульфатов. Присутствие Ca обусловлено включениями апатита и кальцита, которые замещают пирит. Неоднородный состав пиритизированных участков проявляется в их раз-

в значительных количествах. Оно образует округлые выделения с ровным контуром размером от 15 до 70 мкм (рис. 3). Эти выделения пересекаются без видимых изменений цепочками кристаллов пирита, трещинками. Присутствуют в них многочисленные включения пирита, а судя по неоднородной окраске в ОРЭ, и апатит — кальцитового состава (рис. 3). По данным РСМА в аморфном веществе фиксируются высокие содержания P, Ca, Fe, O и повышенные Na, S и Mn (табл. 5). По содержанию элементов рентгеноаморфное вещество близко по составу к апатиту с примесью Fe.

Выводы

Окаменелое дерево состоит преимущественно из кальцита (до 73 мас. %), присутствуют пирит, апатит, гипс; фиксируются доломит, ангидрит, ге-

матит, пиролюзит, органическое и рентгеноаморфное вещество. Сохраняется исходная структура дерева с годовыми кольцами. Кальцит и апатит замещают исходное органическое вещество древесины, имеют дисперсный размер кристаллов. Кальцит выполняет также мелкие трещинки шириной до 0,2 мм. Пирит более поздний минерал, развивается по трещинкам, образует каймы вокруг выделений

кальцита и апатита. Кристаллы пирита размером 1–3 мкм, при срастании образуют более крупные выделения, которые могут выполнять значительные по площади фрагменты. По технологическим и декоративным характеристикам окаменелое дерево Ульяновской области является качественным ювелирно-поделочным материалом флорогенной группы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабошкин Е.Ю. Палеогеография Восточно-Европейской платформы и ее южного обрамления в раннем мелу // Серия аналитических обзоров «Очерки по региональной геологии России». Вып. 1. М.: Изд. Геокарт. ГЕОС, 2005. С. 201–232.
2. Буканов В.В. Цветные камни и коллекционные минералы. Энциклопедия. СПб., 2014. 464 с.
3. Геология СССР. Поволжье и Прикамье. Т. XI. Ч. 1. Геологическое описание / Под ред. Сидоренко А.В. М.: Недра, 1967. 872 с.
4. Петроченков Д.А. Камнесамоцветное сырьё Ульяновской области // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2006. № 5. С. 319–323.
5. Петроченков Д.А. Ружицкий В.В. Минералогические особенности ювелирного пирита из меловых отложений Ульяновской области // Разведка и охрана недр. 2018. № 4. С. 7–12.

REFERENCES

1. Baraboshkin E.Yu. Palaeogeography of the East European Platform and its southern framework in the Early Cretaceous. *A series of analytical reviews «Essays on regional geology of Russia»*. 2005, vol. 1, M., Geokart, GEOS Publ., pp. 201–232 (In Russian).
2. Bukanov V.V. *Colored stones and collection minerals. Encyclopedia*. Saint Petersburg, 2014, 464 p. (In Russian).
3. Geology of the USSR. *The Volga region and the Kama region. Geological Description*. vol. XI, no. 1, 1967, Edited by Sidorenko A.V. M., Nedra Publ., 872 p. (In Russian).
4. Petrochenkov D.A. Colored-stone raw materials from Ulyanovsk region. *Mining informational and analytical bulletin (Scientific and technical journal)*, 2006, vol. 5, M., MSMU Publ., pp. 319–323. (In Russian).
5. Petrochenkov D.A., Ruzhitsky V.V. Mineralogical peculiarities of jewelry pyrite from the Cretaceous deposits of the Ulyanovsk region. *Prospect and protection of mineral resources*, 2018, vol. 4, pp. 7–12. (In Russian).

УДК 550.42

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НИЖНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ПЕСЧАНИКОВ КРЯЖА ЕНГАНЭ-ПЭ (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

Н.Ю. НИКУЛОВА

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН
54, Первомайская ул., г. Сыктывкар 167892, Россия
e-mail: nikulova@geo.komisc.ru

Приведены результаты изучения вещественного состава песчаников верхнекембрийско-нижнеордовикской манитаньрдской серии в южной части кряжа Енганэ-Пэ (Полярный Урал). Изучение литологических и геохимических характеристик полевошпат-кварцевых песчаников позволило установить, что они образовались в мелководном бассейне на пассивной континентальной окраине в условиях холодного климата. Эпизод вулканической активности, связанный с эпиконтинентальным рифтогенезом, приведший к возникновению субсогласного тела ультракалийевых базальтоидов, на удалении от него маркируется горизонтом песчаников, содержащих «конкреционные» образования. В составе песчаников присутствует слабо изменённый вулканомиктовый материал, они не содержат рециклированных обломков и переотложенного материала коры выветривания. Петрохимические особенности манитаньрдских песчаников не позволяют ожидать обнаружения в них осадочной золоторудной минерализации.

Ключевые слова: песчаник; вещественный состав; обломки; условия осадконакопления.