УДК (553.411:550.42):(552.1+54)(571.513)

УГЛЕРОДИСТОЕ ВЕЩЕСТВО БОЛЬШЕОБЪЕМНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ НЕТРАДИЦИОННОГО ТИПА ФЕДОРОВСКО-МАГЫЗЫ-КАЛТАССКОЙ ЗОНЫ (КУЗНЕЦКИЙ АЛАТАУ). Ч. 1

А. Б. Шепель, М. Е. Гавриленко

Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск

№ 3(27) ♦ 2016

Дана краткая геологическая характеристика Кедровского большеобъемного золоторудного проявления нетрадиционного типа Федоровско-Магызы-Калтасской структурно-металлогенической зоны. Рассмотрены результаты минераграфо-петрографических, химико-аналитических, хроматографических и дериватометрических исследований углеродистого вещества, трассирующего рудоконтролирующие тектонические зоны на Калтасском, Кедровском и других золоторудных проявлениях указанной зоны. Установлено, что углеродистое вещество представлено графитом с максимумами экзотермических пиков в золотоносных метасоматитах 920 °С, а во вмещающих породах 680 и 720 °С. Углеродистое вещество характеризуется низкими значениями коэффициента восстановленности газов (0,006–0,021), что свидетельствует об отсутствии в его составе примесей твердых битумов.

Ключевые слова: *углеродистое вещество, графитизация, Кедровское золоторудное проявление, золотоносные синтектонические метасоматиты и гидротермалиты, Федоровско-Магызы-Калтасская зона, Кузнецко-Алтайский глубинный разлом.*

CARBONIC MATTER IN LARGE-VOLUME NON-TRADITIONAL GOLD-ORE OCCURRENCES OF THE FEDOROVKA-MAGYZY-KALTAS ZONE (KUZNETSK ALATAU). Pt 1

A. B. Shepel, M. E. Gavrilenko

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk

The paper provides brief geological description of the large-volume non-traditional Kedrovskoye gold-ore occurrence in the Fedorovsko-Magyzy-Kaltasskaya structural-metallogenic zone. The authors have studied the results of mineragraphic-petrographic, chemical-analytical, chromatographic, and derivative-metric analysis of the carbonic matter tracing ore-controlling tectonic zones in the Kaltasskoye, Kedrovskoye, and other gold-ore occurrences of the Fedorovsko-Magyzy-Kaltasskaya zone. It has been found that the carbonic matter is represented by graphite with maximum exothermal peaks of 920 °C in gold-bearing metasomatites, and those of 680 °C and 720 °C in hosting rocks. The carbonic matter is characterised by low gas reduction ratio (0.006–0.021), which indicates absence of hard bitumen therein.

Keywords: *carbonic matter, graphitisation, Kedrovskoye gold-ore occurrence, gold-bearing metasomatites and hydrothermalites, Fedorovsko-Magyzy-Kaltasskaya zone, Kuznetsko-Altaysky deep fault.*

DOI 10.20403/2078-0575-2016-3-114-122

Объектами для исследования углеродистого вещества послужили золоторудные проявления нетрадиционного типа – Кедровское, Калтасское и Пахомовское, входящие в состав Федоровско-Магызы-Калтасской структурно-металлогенической зоны (ФМКЗ), пространственное положение которой контролируется Кузнецко-Алтайским глубинным разломом [15, 16]. Наиболее изученное и самое крупное из них – большеобъемное Кедровское проявление, прогнозные ресурсы золота категории P_1 которого составляют 77 т при среднем содержании 2,5 г/т и бортовом 0,2 г/т [1].

Рудовмещающая толща Кедровского золоторудного проявления представлена калтасским зеленосланцевым комплексом раннего рифея [13]. В ее составе выделяются три стратиграфически и литологически обособленные пачки (снизу вверх): нижняя, средняя и верхняя (рис. 1). В составе *нижней метабазитовой пачки* (мощность более 1000 м) распространены преимущественно метабазальты и апобазальтовые хлорит-актинолитовые, эпидот-хлорит-актинолитовые, реже биотит-хлорит-актинолит-эпидотовые метаморфические сланцы. *Средняя метакарбонатная пачка* (250–300 м) сложена мраморизованными графитсодержащими известняками. *Верхняя метакарбонатно-терригенная пачка* (более 300 м) представлена хлорит-серицитовыми сланцами по аргиллитам, алевролитам, реже песчаникам, а также линзами мраморизованных известняков. Породы имеют крутое падение на северо-запад, слагая опрокинутое на юго-восток восточное крыло антиклинальной складки. Рудовмещающая толща содержит согласные и субсогласные тела метагаббро и метагаббро-порфиритов и рассекается дайками долеритов.

В рудовмещающей толще Кедровского проявления золотое оруденение распределяется неравномерно: основная масса его локализуется

в средней *метакарбонатной пачке,* в гораздо меньшем объеме подвержена оруденению верхняя *метакарбонатно-терригенная пачка* и пока не обнаружено оруденение в нижней *метабазитовой пачке.*

Рудоконтролирующими структурами на Кедровском проявлении служили линейные согласные и субсогласные с простиранием рудовмещающей толщи зоны рассланцевания, брекчирования, катаклаза и будинажа протяженностью 4–8 км и шириной 150–300 м. Вдоль них интенсивно проявились процессы гидротермально-метасоматического преобразования вмещающих пород, приведшие к формированию линзопластообразных залежей золотоносных метасоматитов, а также золотоносных кварцевых жил и штокверков, секущих метасоматиты.

Золотое оруденение на Кедровском проявлении сосредоточено в линзопластообразных телах березитоподобных метасоматитов хлорит-серицит (парагонит)-кварц-альбит-анкеритового состава и секущих метасоматиты гидротермалитах (кварцевые жилы и штокверки) [12–17]. Характерная особенность метасоматитов – сланцеватая текстура, позволяющая классифицировать их как синтектонические метасоматиты зон глубинных разломов по [6, 8].

На Кедровском и других золоторудных проявлениях ФМКЗ типоморфной примесью золотоносных метасоматитов и гидротермалитов, а также непосредственно контактирующих с ними вмещающих пород (мраморизованных известняков, метагаббро и метаморфических сланцев) является углеродистое вещество. Оно трассирует линейные рудоконтролирующие тектонические зоны рассланцевания, катаклаза, брекчирования, будинажа и интенсивной гидротермально-метасоматической проработки пород.

Петрографо-минераграфические, хроматографические и дериватометрические исследования углеродистого вещества

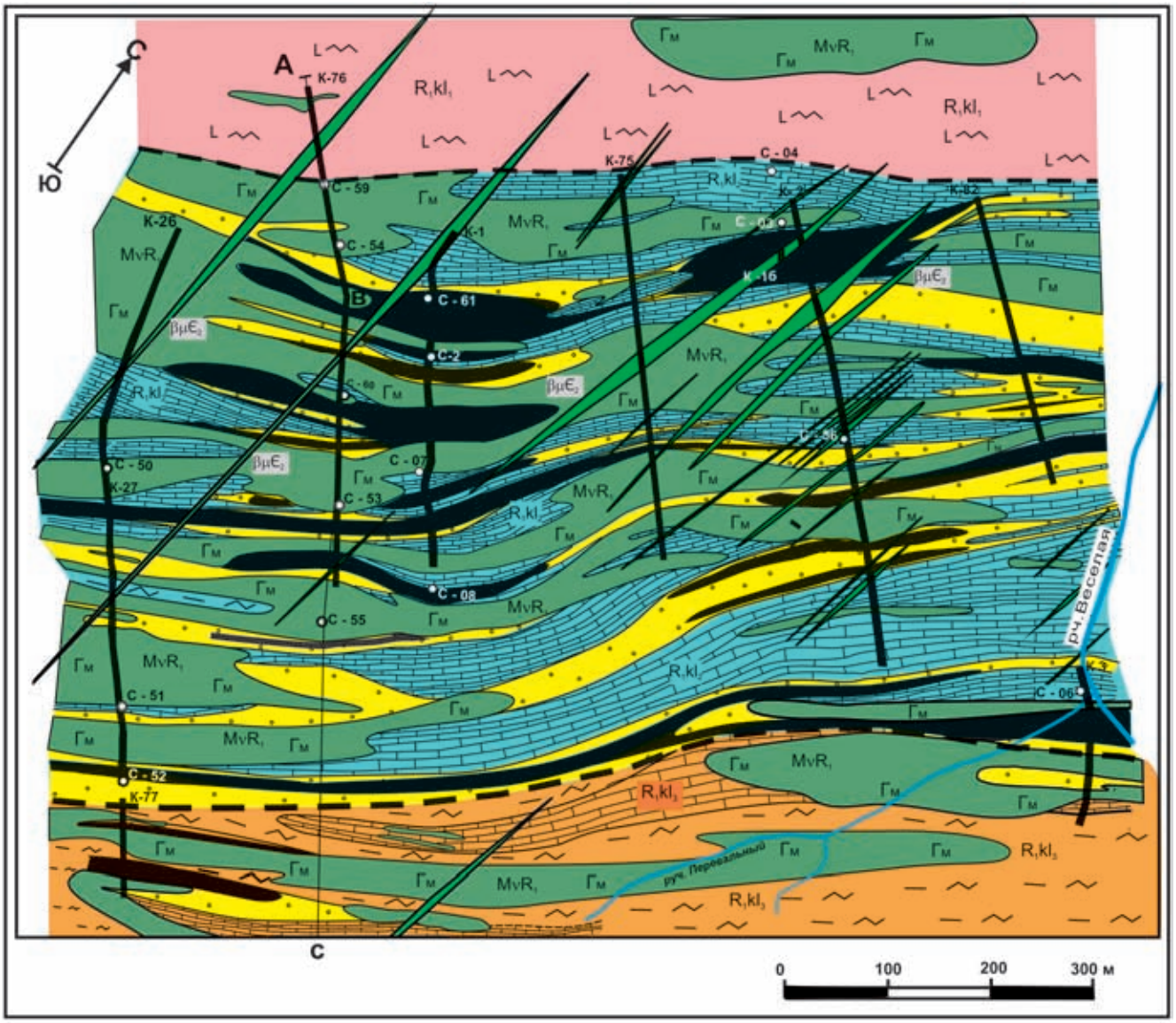
Углеродистое вещество в золотоносных метасоматитах и гидротермалитах, а также в метасоматически измененных вмещающих породах образует мельчайшие (менее 0,001 мм по удлинению) включения, ветвистые микрожилки толщиной 0,005–0,010 мм, пленки и примазки в породообразующих минералах. Иногда в метасоматитах оно слагает тонкие (толщиной 0,005–0,010 мм) оторочки вдоль зальбандов бессистемно ориентированных серицитовых микрожилок толщиной 0,10–0,15 мм, к которым приурочена мелкая вкрапленность сульфидов. В брекчированных метасоматитах оно присутствует в виде микрочешуйчатого (размер чешуек от 0,001–0,002 до 0,005–0,010 мм по удлинению) агрегата, выполняющего микротрещины или слагающего прерывистые жилки толщиной 0,01–0,06 мм.

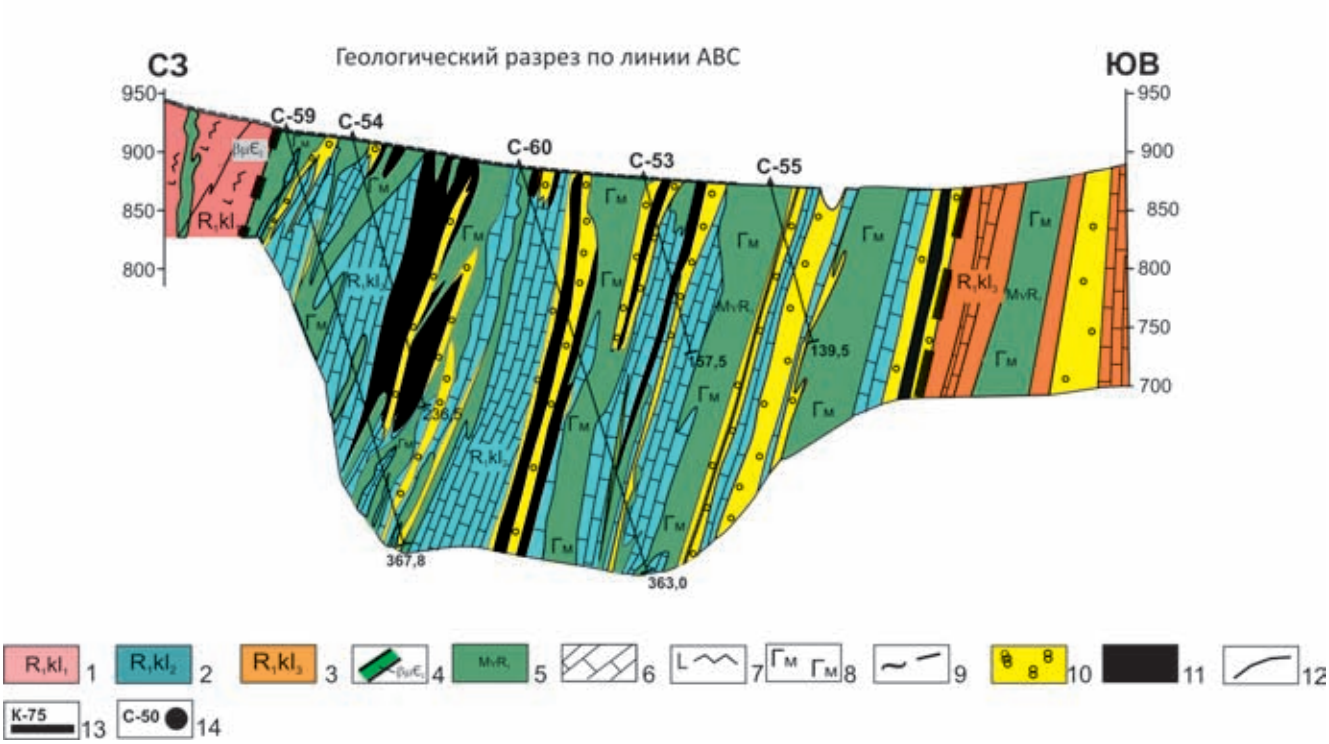
В отраженном свете углеродистое вещество обнаруживает необыкновенно высокое двуотражение и анизотропию, окраска его меняется от коричневато-серой до светло-серой. Подобными оптическими характеристиками обладает графит, присутствие которого в породах подтверждается дальнейшими исследованиями. Наряду с микрочешуйчатыми включениями графит нередко образует чешуйчато-пластинчатые скопления, в которых размеры отдельных пластинок достигают 0,1×0,3 мм. В пластинках графита часто наблюдается секториальное и пятнистое строение, обусловленное наличием участков треугольной и неправильной формы, не имеющих резких границ и различающихся по оптической ориентировке. Пластинки графита рассекаются тончайшими (толщиной <0,001 мм) извилистыми жилками пирротина. Микрочешуйчатые агрегаты графита содержат мелкие (размером до 0,01 мм по удлинению) призматические включения рутила(?), обладающего двуотражением и многочисленными желтовато-белыми внутренними рефлексами.

В золотоносных метасоматитах как графит, так и самородное золото образуют мелкие (размером от 0,001×0,003 до 0,008×0,016 мм) включения в породообразующих минералах – анкерите, сидерите, сериците, альбите, кварце и пирите, а также в межзерновых пространствах минералов (рис. 2). При этом они не обнаруживают избирательности в отношении какого-либо минерала или минералов, что свидетельствует о вхождении золота и графита в состав единого минерального парагенезиса, т. е. об их парагенной природе. Пробность золота в метасоматитах варьирует от 613 до 873 ‰ при средней 725 ‰ (по 33 анализам). Повышенной пробностью отличаются включения золота в пирите – 664–850 ‰ при средней 758 ‰ (по 15 анализам) По сравнению с сульфидами пробность золота в карбонатах более низкая: в анкерите она изменяется в пределах 613–776 ‰ при средней 681 ‰ (по 4 анализам), в сиде-

Рис. 1. Геолого-поисковый план Кедровского золоторудного проявления

1–3 – пачки калтасского зеленосланцевого комплекса раннего рифея: 1 – верхняя (метакарбонатно-терригенная) пачка – хлорит-серицитовые сланцы по аргиллитам, алевролитам, редко песчаникам с прослоями мраморизованных известняков, 2 – средняя (метакарбонатная) пачка – мраморизованные известняки графитсодержащие, 3 – нижняя (метабазитовая) пачка – метабазальты, метаандезибазальты, метатрахиандезибазальты и эпидот-хлорит-актинолитовые сланцы по базальтам, андезибазальтам и трахиандезибазальтам; 4 – дайки долеритов среднего кембрия; 5 – метагаббро, метагаббропорфириты метаморфизованного субвулканического комплекса раннего рифея; 6 – известняки мраморизованные графитсодержащие; 7 – метабазальты и сланцы эпидот-хлорит-актинолит-альбитовые по базальтам; 8 – метагаббро, метагаббро-порфириты; 9 – сланцы серицит-графит-кварцевые; серицит-хлорит-полевошпат-кварцевые графитсодержащие; 10 – метасоматиты хлорит-серицит-анкерит-альбитовые и хлорит-серицит-анкеритовые; 11 – рудные тела; 12 – геологические границы; 13 – канава и ее номер; 14 – скважина и ее номер


С
Ю
A
B
C
K-76
K-75
K-82
K-26
K-1
K-16
K-27
K-77
C - 04
C - 59
C - 54
C - 61
C-2
C - 60
C - 07
C - 53
C - 50
C - 08
C - 55
C - 51
C - 52
C - 06
C - 56
R₁kl₁
R₁kl₂
R₁kl₃
MvR₁
Гм
βμЄ₂
L
р.ч. Веселая
руч. Перевальный
0
100
200
300 м


Геологический разрез по линии АВС
СЗ
ЮВ
950
900
850
800
750
700
C-59
C-54
C-60
C-53
C-55
R₁kl₁
R₁kl₂
R₁kl₃
MvR₁
Гм
βμЄ₂
367,8
363,0
157,5
139,5
236,5
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
K-75
C-50

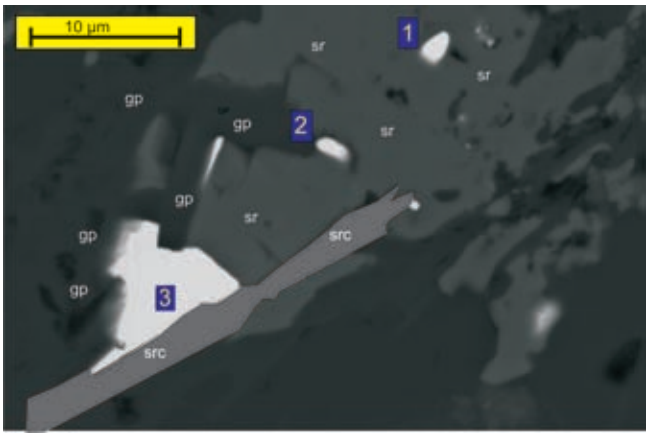


Рис. 2. Золотоносный метасоматит с вкрапленностью золота (1–3) в графитсодержащем сидерите (1, 2) и в межзерновом пространстве сидерита, серицита и графита (3). Участок Кедровский, скв. 54, гл. 179,5 м, обр. С-54-179,5; gr – графит, sr – сидерит, src – серицит

рите – 666–736 ‰ при средней 684 ‰ (по 7 анализам), в сериците – 708 и 768 ‰ при средней 738 (по 2 анализам).

Кроме золотоносных метасоматитов, чешуйчатый графит входит в состав субпараллельно ориентированных кварцевых жилок толщиной 2–3 мм, приуроченных к зонам рассланцевания и брекчирования в метасоматитах. Строение кварцевых жилок нередко симметрично-зональное. Центральная часть их толщиной 0,1–0,4 мм сложена мелкими (до 0,06 мм по удлинению) шестоватыми зернами кварца с крустификационной структурой, а краевые зоны – графит-кварцевым агрегатом, состоящим из скрытозернистого графита и заключенных в нем угловатых зерен кварца размером 0,01–0,04 мм в поперечнике. Иногда вдоль графит-кварцевых зонок отмечается внешняя прерывистая оторочка альбита.

С целью количественной оценки содержания углерода, связанного в углеродистом веществе карбонатных пород и золотоносных метасоматитов Кедровского и Калтасского проявлений, а также для подтверждения графитовой природы углеродистого вещества был выделен и изучен нерастворимый остаток этих пород (табл. 1.)

Как установлено, содержание $C_{грф}$ в мраморизованных известняках участка Кедровского варьирует в пределах 0,31–0,36 мас. %, что позволяет отнести их к группе низкоуглеродистых пород: $C_{грф}$ < 1 мас. % (по С. И. Голышеву и др. [7]). Еще более низким содержанием $C_{грф}$ (0,18 мас. %, см. табл. 1) характеризуются мраморизованные известняки большеказырской свиты среднего рифея, перекрывающие метаморфиты рудовмещающего калтасского зеленосланцевого комплекса раннего рифея [13]. Карбонатные породы Кедровского проявления, испытавшие региональный метаморфизм зеленосланцевой фации, обнаруживают сходство по содержанию $C_{грф}$ с докембрийскими карбонатсодержащими метаморфическими сланцами урманской свиты р. Мана (Восточный Саян), метаморфизованными в условиях хлорит-мусковитовой субфации зеленосланцевой фации и претерпевшими метасоматические изменения в зоне разлома. Содержание $C_{грф}$ в них 0,12–0,60, в среднем 0,40 мас. % [7].

В то же время следует отметить, что содержание $C_{грф}$ в породах рудовмещающей метаморфической толщи Кедровского и Калтасского золоторудных проявлений ФМКЗ резко отличаются от золоторудных месторождений черносланцевой формации. Например, в породах рудовмещающей черносланцевой толщи золоторудного месторождения Сухой Лог содержания $C_{грф}$ следующие: в рудоносных алевросланцах 1–5 мас. %, в слабо оруденелых алевролитах, алевросланцах 1,0–3,0 мас. %, в безрудных алевролитах, песчаниках и сланцах 1,0–3,6 мас. %, в алевросланцах с золотосульфидной минерализацией прожилково-вкрапленного типа 0,5–5,0 мас. %, в алевросланцах с кварцево-жильной и жильно-прожилковой золотокварцевой минерализацией малосульфидной формации 0,3–3,0 мас. %. Среднее содержание $C_{орг}$ в золотоносных углеродистых сланцах 1,62 мас. % (по 573 анализам) [5]. Для золоторудных месторождений, связанных с углеродисто-вулканогенно-терригенными комплексами, содержание $C_{грф}$ составляет 0,83 мас. % [10], что более чем в 2,5 раза выше, чем

Таблица 1

Результаты определения содержания углерода, связанного в графите ($C_{грф}$), в нерастворимом остатке мраморизованных известняков Кедровского и Калтасского золоторудных проявлений ФМКЗ

№ п/п	№ пробы	Нерастворимый остаток (н. о.), мас. %	$C_{грф}$		Абсолютная погрешность, ± Δ (%) при P = 0,95
			мас. % на н. о.	мас. % на породу	
1	С-1-3	7,70	4,21	0,32	±0,02
2	С-1-4	5,52	5,67	0,31	±0,02
3	Т-11-20	5,96	6,07	0,36	±0,02
4	227-3	11,61	1,56	0,18	±0,02

Примечание. Кедровское проявление, графитсодержащий мраморизованный известняк, калтасский зеленосланцевый комплекс раннего рифея: 1 – скв. 1, гл. 33,0 м, обр. С-1-3; 2 – скв. 1, гл. 37,2 м, обр. С-1-4; 3 – траншея 11, гл. 20,0 м, обр. Т-11-20; 4 – Калтасское проявление графитсодержащий мраморизованный известняк, большеказырская свита среднего рифея, левый борт долины руч. Калтас, обр. 227-3.

Таблица 2

Результаты хроматографического анализа газов нерастворимого остатка карбонатных пород Кедровского и Калтасского золоторудных проявлений ФМКЗ при температуре газоотбора 490 °С

№ п/п	№ пробы	Содержание газов, мг/кг				$К_{вос}$
		CO_2	CO	C_2H_6	CH_4	
1	С-1-3	372,24	13,45	1,96	6,34	0,021
2	С-1-4	574,07	24,81	0,16	4,57	0,008
3	Т-11-20	311,00	7,49	0,03	4,10	0,013
4	227-3	422,35	18,46	0,20	2,53	0,006

Примечание. Кедровское проявление, графитсодержащий мраморизованный известняк, калтасский зеленосланцевый комплекс раннего рифея: 1 – скв. 1, гл. 33,0 м, обр. С-1-3; 2 – скв. 1, гл. 37,2 м, обр. С-1-4; 3 – траншея 11, гл. 20,0 м, обр. Т-11-20; 4 – Калтасское проявление, левый борт долины руч. Калтас, графитсодержащий мраморизованный известняк, большеказырская свита среднего рифея, обр. 227-3. Анализ выполнен в лаборатории СНИИГГиМС Г. Е. Поляковой.

Таблица 3

Результаты дериватометрического анализа нерастворимого остатка карбонатных пород и жилок графита в метасоматитах Кедровского и Калтасского золоторудных проявлений ФМКЗ

№ п/п	№ пробы	Экзотермические эффекты, °С							Потеря веса, %
1	С-1-3	–	–	460–545	640	–	700	760	6,06
2	С-1-4	–	–	555	620	680		740	7,07
3	Т-11-20	–	–	570	–	680	710	770	6,06
4	227-3	345	460	545	–	–	–	–	1,01
5	С-2-12	–	–	580	635	685	–	750	2,02

Примечание. Нерастворимый остаток графитсодержего мраморизованного известняка: Кедровское проявление, калтасский зеленосланцевый комплекс раннего рифея: 1 – скв. 1, гл. 33,0 м, обр. С-1-3; 2 – скв. 1, гл. 37,2 м, обр. С-1-4; 3 – траншея 11, гл. 20,0 м, обр. Т-11-20; 4 – Калтасское проявление, левый борт долины руч. Калтас, большеказырская свита среднего рифея, обр. 227-3; 5 – жилка графита в серицит-анкеритовом метасоматите, Кедровское проявление, скв. 2, гл. 54,5 м, обр. С-2-12.

в карбонатных породах Кедровского и Калтасского золоторудных проявлений ФМКЗ. Более всего рассматриваемые золоторудные проявления сходны не с золоторудными месторождениями черносланцевой формации, а со стратиформными золоторудными месторождениями золотосульфидного рудно-формационного типа (по классификации [8]) в метаморфизованных вулканогенно-осадочных толщах зеленокаменных поясов.

Углеродистое вещество Кедровского и Калтасского золоторудных проявлений было исследовано методами хроматографического (табл. 2), термического и дериватометрического анализов [14]. Примесь твердых битумов (керита и оксикерита из состава углеродистого вещества карбонатных пород Кедровского и Калтасского проявлений) следует исключить, поскольку в газовой фазе практически отсутствуют углеводороды. Об этом свидетельствует весьма незначительный коэффициент восстановленности газов ($К_{вос} = (C_2H_6+CH_4)/(CO_2+CO+C_2H_6+CH_4)$ – всего 0,006–0,021 %) (см. табл. 2).

Для подтверждения графитовой природы углеродистого вещества был выполнен дериватометрический анализ одинаковых по весу проб (198 мг), отобранных из нерастворимого остатка карбонатных пород. Исключение составила проба из жилки углеродистого вещества в метасоматите, которая не подвергалась обработке кислотой, а была раздроблена и для анализа использована навеска 198 мг из фракции 0,07 < d < 0,30 мм.

В табл. 3 и на рис. 3 приведены результаты дериватометрического анализа углеродистого вещества в нерастворимом остатке мраморизованных известняков (№ 1–4), а также из жилки углеродистого вещества в золотоносных метасоматитах. Для сравнения использованы термограммы графитов из метаморфических сланцев разной степени метаморфизма (см. рис. 3, VI–IX), твердых битумов – керита и оксикерита (X, XI) и углей со скрытокристаллической и явнокристаллической разностями графита (XII–XIV).

Как показал сравнительный анализ дифференциальных кривых нагревания (ДТА) углеродистого вещества мраморизованных известняков Кедровского и Калтасского проявлений, все они характеризуются наличием отчетливо выраженного экзотермического пика, начало и конец которого приходятся на температурные интервалы 545–580 и 740–770 °С соответственно, а максимум располагается в инт. 680–710 °С (см. рис. 3, I–IV). Подобным режимом выгорания характеризуются графиты из пород мусковит-хлоритовой субфации зелено-

№ 3(27) ♦ 2016

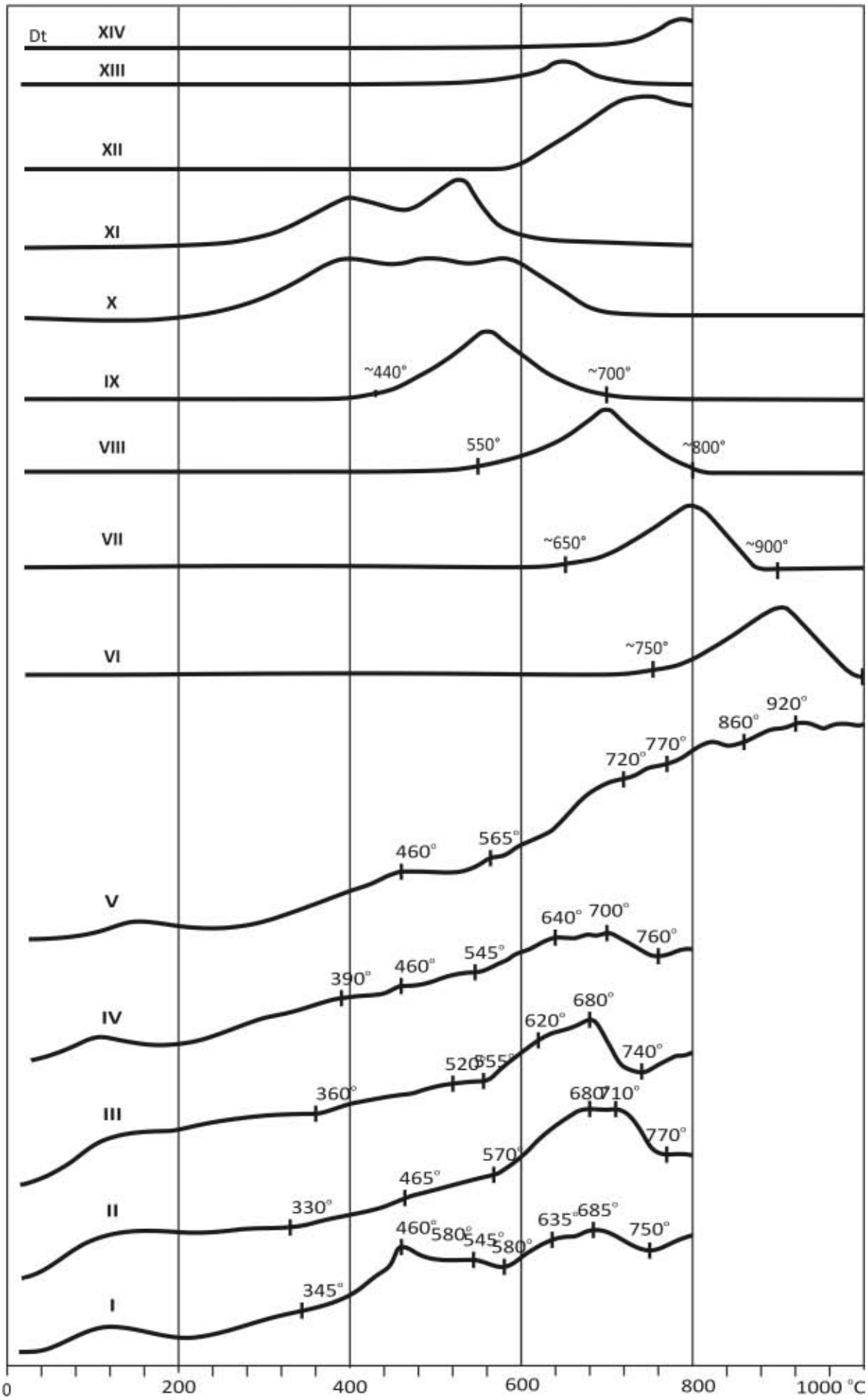

Dt
XIV
XIII
XII
XI
X
IX
~440°
~700°
VIII
550°
~800°
VII
~650°
~900°
VI
~750°
V
460°
565°
720°
770°
860°
920°
IV
390°
460°
545°
640°
700°
760°
III
360°
520°
555°
620°
680°
740°
II
330°
465°
570°
680°
710°
770°
I
345°
460°
580°
545°
580°
635°
685°
750°
0
200
400
600
800
1000 °C

Рис. 3. Результаты дериватометрического анализа углеродистого вещества мраморизованных известняков Кедровского и Калтасского проявления (I–V), метаморфических пород (VI–IX), твердых битумов (X–XI), графита из углей Ногинского месторождения (XII–XIV)

I – Калтасское проявление, графитсодержащий мраморизованный известняк, большеказырская свита среднего рифея, левый борт долины руч. Калтас, обр. 227-3; II–IV – Кедровское проявление, графитсодержащий мраморизованный известняк, калтасский зеленосланцевый комплекс раннего рифея, II – траншея 11, гл. 20,0 м, обр. Т-11-20; III – скв. 1, гл. 37,2 м, обр. С-1-4; IV – скв. 1, гл. 33,0 м, обр. С-1-3; V – Кедровское проявление, жилка графита в серицит-анкеритовом метасоматите, скв. 2, гл. 54,5 м, обр. С-2-12; VI–IX – метаморфогенные графиты (указаны температуры начала и окончания экзотермического эффекта) [3]: VI – амфиболитовая фация, VII – фации зеленых сланцев (мусковит-биотитовая субфация) и эпидот-амфиболитовая, VIII – фация зеленых сланцев (мусковит-хлоритовая субфация), IX – стадия аспидных сланцев; X–XI – твердые битумы [9]: X – кериты из Швеции, Карлсфорс, XI – оксикериты из Узбекистана; XII–XIV – графиты Ногинского месторождения угля [4]: XII – исходный образец угля, содержащий две разности графита – скрытокристаллическую и крупнокристаллическую, XIII – скрытокристаллический графит, выделенный из образца XII, XIV – крупнокристаллический графит, выделенный из образца XII

сланцевой фации прогрессивного метаморфизма (см. рис. 3, VIII), а также скрытокристаллический графит (графитит по [2]) из углей Ногинского месторождения (см. рис. 3, XIII) Нечеткое раздвоение экзотермического пика на кривой ДТА пробы Т-11-20 (см. рис. 3, II) с максимумами, приходящимися на температуры 680 и 710 °С, по-видимому, обусловлено наличием в мраморизованных известняках как скрыто-, так и явнокристаллического графита, подобно тому, как это было выявлено в образце углей Ногинского месторождения, содержащих две разновидности графита (см. рис. 3, XII) [4]. В пробе, отобранной из графитсодержащих мраморизованных известняков большеказырской свиты, перекрывающих рудовмещающую зеленосланцевую толщу, на кривой ДТА наблюдается отчетливый экзотермический пик с максимумом 460 °С (см. рис. 3, I). Подобные экзотермические эффекты, хотя и менее выраженные, намечаются и на других термограммах (см. рис. 3, II, IV, V). Вероятнее всего, появление их связано с присутствием в пробах примеси пирита. Примесь твердых битумов, на кривых ДТА которых в рассматриваемом температурном интервале с максимумом 460 °С располагаются термические эффекты (см. рис. 3, X, XI), следует исключить, поскольку в составе газовой фазы нерастворимого остатка карбонатных пород практически отсутствуют углеводороды (см. табл. 2).

Наиболее высокой температурой выгорания, достигающей в экстремальной точке кривой ДТА 920 °С и сопоставимой с температурой выгорания графита из пород амфиболитовой фации регионального метаморфизма (см. рис. 3, VI), характеризуется углеродистое вещество, слагающее субпараллельные жилки толщиной 2–3 мм в золотоносных метасоматитах Кедровского проявления (см. рис. 3, V). Наличие на термограмме эндотермических эффектов при температурах 720, 770 и 860 °С объясняется присутствием в пробах примеси анкерита.

Таким образом, результаты дериватометрического анализа подтверждают данные петрографических исследований о принадлежности к графиту углеродистого вещества вмещающих пород и золотоносных метасоматитов Кедровского и Калтасского проявлений.

Выводы

1. На Кедровском и других золоторудных проявлениях ФМКЗ углеродистое вещество трассирует рудоконтролирующие структуры – линейные тектонические зоны рассланцевания, катаклаза, брекчирования, будинажа и интенсивной гидротермально-метасоматической проработки пород.

2. Углеродистое вещество, представленное графитом, является типоморфной примесью золотоносных метасоматитов и гидротермалитов, а также непосредственно контактирующих с ними метасоматически измененных вмещающих пород–мраморизованных известняков, метагаббро и метаморфических сланцев.

3. В золотоносных метасоматитах графит слагает мелкие (размером 0,001–0,3 мм по удлинению) чешуйки и мельчайшие (менее 0,001 мм в поперечнике) включения, а также ветвистые микрожилки толщиной 0,005–0,010 мм в зернах породообразующих минералов – альбите, кварце, анкерите, кальците, скоплениях серицита и хлорита и др.

4. По данным хроматографического анализа содержание углерода, связанного с графитом, в нерастворимом остатке мраморизованных известняков, контактирующих с метасоматитами, составляет 0,18–0,32 мас. % при отсутствии в составе пород твердых битумов (керита и оксикерита).

5. В золотоносных метасоматитах графит ассоциирует с самородным золотом, образующим мелкие (размером от 0,001×0,003 до 0,008×0,016 мм) включения в породообразующих минералах (анкерите, сидерите, сериците, альбите, кварце и пирите) и в межзерновых пространствах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Белоножко Е. А.** Кедровское рудопроявление Федоровско-Кедровского рудного поля в Ортон-Балыксинском рудном районе (Республика Хакасия) // Геология геофизика и минеральное сырье Сибири: тез. Второй науч.-практ. конф. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2015 – С. 120–122.

2. **Бетехтин А. Г.** Минералогия. – М., 1950. – 956 с.

3. **Блюман Б. А., Иванова В. П., Красавина Т. Н.** Применение термического анализа для определе-

ния степени метаморфизма графитсодержащих мраморов нагорья Сангилен (Юго-Восточная Тува) // Изв. АН СССР. – 1969. – № 8. – С. 125–132.

4. **Блюман Б. А., Дьяконов Ю. С., Красавина Т. Н.** Изменение структурного состояния графита при прогрессивном региональном метаморфизме // Докл. АН СССР. – 1972. – № 4–6. – С. 1198–1200.

5. **Буряк В. А., Хмелевская Н. М.** Сухой Лог – одно из крупнейших золоторудных месторождений мира. – Владивосток: Дальнаука, 1997. – 156 с.

6. **Голышев С. И., Падалко Н. Л., Ярошевич В. М.** Влияние метаморфизма на изотопный состав черносланцевых толщ докембрия (на примере пород протерозоя Восточного Саяна) // Перспективы обеспечения сырьевыми ресурсами топливно-энергетического комплекса Томской области. – Новосибирск, 1997. – С. 134–141.

7. **Курбанов Н. К.** Месторождения карлинского типа в гетерогенном ряду месторождений золото-сульфидно-кварц-(карбонат)-углеродистого семейства // Руды и металлы. – 2000. – № 1. – С. 78–95.

8. **Метаморфизм** и метасоматоз в зонах глубинных разломов континентальной литосферы / Ф. А. Летников, В. Б. Савельев, Д. Е. Гореванов, В. А. Халилов // Геотектоника. – 1996. – № 5. – С. 15–26.

9. **Геолого-поисковые** модели золоторудных месторождений зеленокаменных поясов / Г. В. Ручкин, В. Д. Конкин, Л. М. Ганжа и др. // Руды и металлы. – 2000. – № 4. – С. 5–15.

10. **Схемы** межрегиональной корреляции магматических и метаморфических комплексов Алтае-Саянской складчатой области и Енисейского кряжа / отв. ред. В. Л. Хомичев. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2002. – 178 с.

11. **Термический** анализ минералов и горных пород / В. П. Иванова, Б. К. Касатов, Т. Н. Красавина, Е. Л. Розинова. – Л.: Недра, 1978. – 398 с.

12. **Шепель А. Б., Гавриленко М. Е.** Перспективы золотоносности и поисков крупнообъемных месторождений золота нетрадиционного типа в докембрийских зеленосланцевых комплексах западной части Алтае-Саянской складчатой области // Золото Сибири и Дальнего Востока: геология, геохимия, технология, экономика, экология: тез. Третьего всерос. симп. с междунар. участием. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2004. – С. 245–247

13. **Перспективы** поисков крупнообъемных золоторудных месторождений нетрадиционного типа в западной части Алтае-Саянской складчатой области / А. Б. Шепель, М. Е. Гавриленко, В. П. Лепилин, Е. А. Белоножко // Геология и минерагения Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2010. – С. 33–45.

14. **Золотоносные** синтектонические метасоматиты – руды крупнообъемных месторождений золота нетрадиционного типа / А. Б. Шепель, М. Е. Гавриленко, В. П. Лепилин, Е. А. Белоножко // Геология и минерагения Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2010. – С. 45–56.

15. **Золотоносные** метасоматиты Кедровского проявления (Кузнецкий Алатау), вопросы их генезиса и перспективы освоения / А. Б. Шепель, М. Е. Гавриленко, В. П. Лепилин, Е. А. Белоножко // Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири: тез. Второй науч.-прак. конф. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2015. – С. 206–210.

16. **Шепель А. Б., Гавриленко М. Е.** Нелинейная металлогения и большеобъемное золотооруденение нетрадиционного типа (на примере Федоровско-Магызы-Калтасской рудоконтролирующей зоны Кузнецкого Алатау и Горной Шории). Ч. 1 // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2015. – № 4. – С. 55–66.

17. **Шепель А. Б., Гавриленко М. Е.** Нелинейная металлогения и большеобъемное золотооруденение нетрадиционного типа. Ч. 2 // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2016. – № 1. – С. 71–85.

REFERENCES

1. Belonozhko E.A. [Kedrovskoye gold-ore occurrence of the Fedorovsko-Kedrovsky ore field in the Orton-Balyksinsky ore region (Khakassia Republic)]. *Geologiya, geofizika i mineral'noe syr'e Sibiri: Tez. Vtoroy nauchno- prakticheskoy konferentsii* [Proc. of 2nd Geology, Geophysics and Mineral Resources of Siberia work to practice conference]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2015, pp. 120–122. (In Russ.).

2. Betekhtin A.G. *Mineralogiya* [Mineralogy]. Moscow, 1950, 956 p. (In Russ.).

3. Blyuman B.A., Ivanova V.P., Krasavina T.N. [Applying thermal analysis to estimate the degree of metamorphism of graphite-bearing marbles of the Sangilen upland]. *Izv. AN SSSR – AS USSR Bulletin*, 1969, no. 8, pp. 125–132. (In Russ.).

4. Blyuman B.A., Dyakonov Yu.S., Krasavina T.N. [Change in graphite structure under progressive regional metamorphism]. *Dokl. AN SSSR – The Far East Branch of AS USSR*, 1972, no. 4–6, pp. 1198–1200. (In Russ.).

5. Buryak V.A., Khmelevskaya N.M. *Sukhoy Log – odno iz krupneyshikh zolotorudnykh mestorozhdeniy mira* [Sukhoy Log – one of the world largest gold-ore deposits]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 1997. 156 p. (In Russ.).

6. Golyshev S.I., Padalko N.L., Yaroshevich V.M. [Effect of metamorphism on isotope composition of black shale pre-Cambrian rocks. A case study of Proterozoic rocks in the Eastern Sayan Mountains]. *Perspektivy obespecheniya syr'evymi resursami toplivno-energeticheskogo kompleksa Tomskoy oblasti* [Prospective provision of the fuel and energy complex of the Tomsk Region by mineral resources]. Novosibirsk, 1997, pp. 134–141. (In Russ.).

7. Kurbanov N.K. [Carlin-type deposits in a heterogenous range of gold-sulphide quartz-(carbonate)-carbonic deposit type]. *Rudy i metally – Ores and Metals*, 2000, no. 1, pp. 78–95. (In Russ.).

8. Letnikov F.A., Savelyev V.B., Gorevanov D.E., Khalilov V.A. [Metamorphism and metasomatosis in deep faulting zones in continental lithosphere]. *Geotektonika – Geotectonics*, 1996, no. 5, pp. 15–26. (In Russ.).

9. Ruchkin G.V., Konkin V.D., Ganzha L.M., et al. [Geological prospecting models of gold-ore deposits in a greenstone belt]. *Rudy i metally – Ores and Metals* 2000, no. 4, pp. 5–15. (In Russ.).

10. *Skhemy mezhregional'noy korrelyatsii magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov Altae-Sayanskoy skladchatoy oblasti i Eniseyskogo kryazha* [Schemes of interregional correlation of magmatic and metamorphic complexes of the Altai-Sayan folded area and the Yenisei Ridge]. V.L. Khomichev ed. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2002. 178 p. (In Russ.).

11. Ivanova V.P., et al. *Termicheskiy analiz mineralov i gornykh porod* [Thermal analysis of minerals and rocks]. Leningrad, Nedra Publ., 1978. 398 p. (In Russ.).

12. Shepel A.B., Gavrilenko M.E. [Gold-bearing prospects and search for large-volume deposits of non-traditional gold in the pre-Cambrian green shale complexes in the west of the Altai-Sayan folded region]. *Zoloto Sibiri i Dal'nego Vostoka: geologiya, geokhimiya, tekhnologiya, ekonomika, ekologiya: Tez. Tret'ego Vserossiyskogo simp. s mezhdunarodnym uchastiem* [Gold of Siberia and the Far East: Geology, geochemistry, technology, economy, ecology. Proc. 3rd All-Russian Symposium with International Participation]. Ulan-Ude, BNTs SB RAS Publ., 2004, pp. 245–247. (In Russ.).

13. Shepel A.B., Gavrilenko M.E., Lepilin V.P., Belonozhko E.A. [Prospects for search for large-volume non-traditional gold-ore deposits in the west of the Altai-Sayany folded region]. *Geologiya i minerageniya Sibiri* [Geology and minerageny of Siberia]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2010, pp. 33–45. (In Russ.).

14. Shepel A.B., Gavrilenko M.E., Lepilin V.P., Belonozhko E.A. [Gold-bearing syntectonic metasomatites – ores of large-volume gold deposits of non-traditional type]. *Geologiya i minerageniya Sibiri* [Geology and minerageny of Siberia]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2010, pp. 45–56. (In Russ.).

15. Shepel A.B., Gavrilenko M.E., Lepilin V.P., Belonozhko E.A. [Gold-bearing metasomatites of the Kedrovskoye occurrence (Kuznetsk Alatau), their genesis and development prospects]. *Geologiya, geofizika i mineral'noe syr'e Sibiri: Tez. Vtoroy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Proc. of 2nd Geology, Geophysics and Mineral Resources of Siberia work to practice conference]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2015, pp. 206–210. (In Russ.).

16. Shepel A.B., Gavrilenko M.E. [Nonlinear metallogeny and bulk gold mineralization of unconventional type (in terms of the Fedorovka-Magyzy-Kaltas zone of Kuznetsk Alatau and Gornaya Shoria). Pt 1]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibir – Geology and Mineral Resources of Siberia*. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2015, no. 4, pp. 55–66. (In Russ.).

17. Shepel A.B., Gavrilenko M.E. [Nonlinear metallogeny and bulk gold mineralization of unconventional type. Pt II. Kedrovskoye Gold-Ore Occurrence]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri – Geology and Mineral Resources of Siberia*. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ, 2016, no. 1. pp. 71–85. (In Russ.).

© А. Б. Шепель, М. Е. Гавриленко, 2016