

УДК 549.2/8:553.3/4:553.491.8.04 (47+57)

© Н.М.Чернышов, М.М.Понамарева, 2014

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В КОРЕ ВЫВЕТРИВАНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Н.М.Чернышов, М.М.Понамарева (Воронежский государственный университет)

На железорудных месторождениях Курской магнитной аномалии (КМА) в верхних зонах коры выветривания железистых кварцитов происходит разубоживание концентраций благородных металлов, а не накопление, как в ряде аналогичных зарубежных месторождений.

Ключевые слова: благородные металлы, железорудные месторождения, железистые кварциты, кора выветривания, Курская магнитная аномалия.

Чернышов Николай Михайлович, petrology@list.ru, Понамарева Марина Михайловна, marichka15@mail.ru

FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF NOBLE METALS IN THE WEATHERING CRUST OF IRON ORE DEPOSITS OF KURSK MAGNETIC ANOMALY

N.M.Chernyshov, M.M.Ponamareva

In the weathering crust of ferruginous quartzite iron ore deposits of the Kursk Magnetic Anomaly from its lower to upper zones not occurs the accumulation of noble metals as in a number of similar foreign deposits, but dilution.

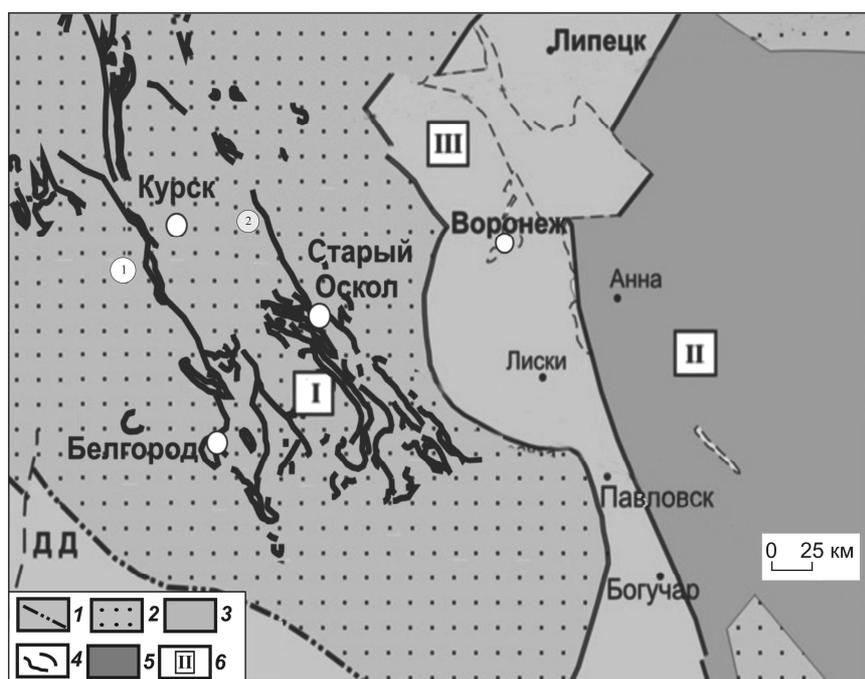
Key words: noble metals, iron ore deposits, ferruginous quartzites, weathering crust, the Kursk Magnetic Anomaly.

В последнее время увеличилась потребность в золоте и металлах платиновой группы. Центральный регион России относится к перспективным на благороднометальное оруденение, локализованное в железистых кварцитах. В пределах Михайловского (Белгородско-Михайловский зеленокаменный пояс) и Старооскольского (Орловско-Тимской зеленокаменный пояс) железорудных районов

КМА широко развиты коры выветривания железистых кварцитов, которые и явились объектом исследования в связи с перспективностью их на благородные металлы (рис. 1). Так, в корях выветривания железистых кварцитов в Бразилии среднее содержание Au в рыхлых железных рудах 13–25 г/т, а содержание платиноидов в некоторых гнездах достигает $7,65 \cdot 10^3$ г/т.

Рис. 1. Схема местоположения Белгородско-Михайловского (1) и Орловско-Тимского (2) зеленокаменных поясов КМА:

1 — граница между Воронежским кристаллическим массивом (ВКМ) и прилегающими геологическими структурами, по [5]; 2 — структурно-вещественный комплекс (СВК) архейского основания, 3 — СВК Лосевской шовной зоны; 4 — железистые кварциты (железисто-кремнисто-сланцевая формация раннего протерозоя); 5 — СВК этапа эпикратонного прогибания пассивной континентальной окраины; 6 — мегаблоки ВКМ: I — КМА, II — Хоперский, III — Лосевская шовная зона; ДД — Днепровско-Донецкий авлакоген (ДД)



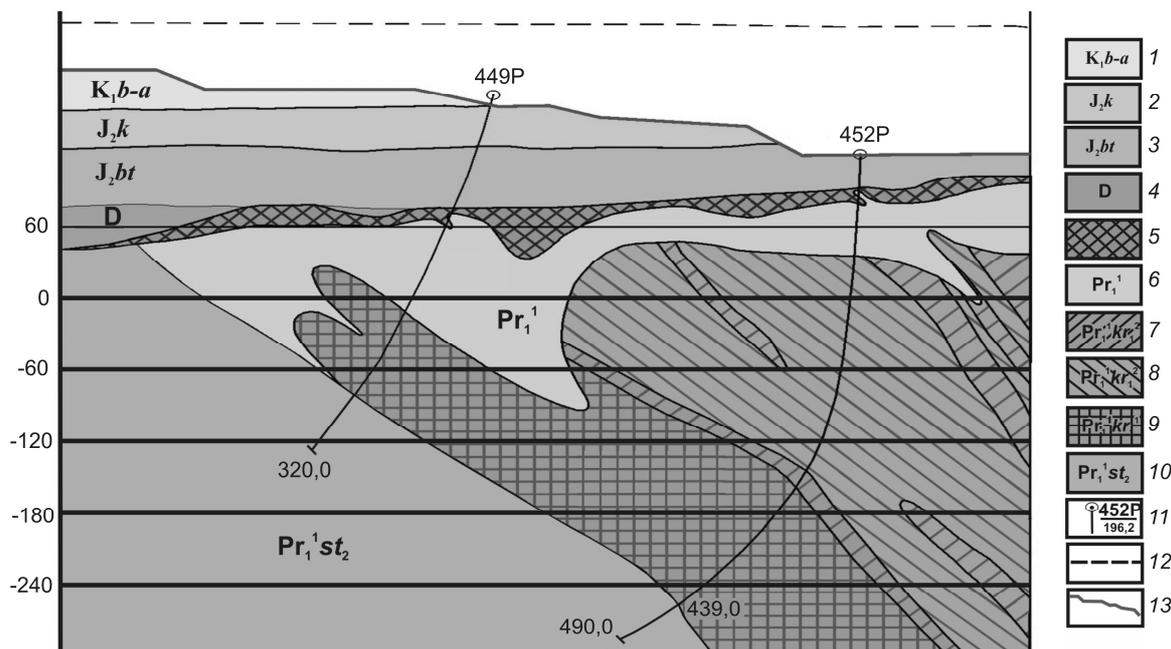


Рис. 2. Разрез P-65 Михайловского месторождения, по [9]:

отложения: 1 — нижнемеловые, среднеюрские (2 — келловейский, 3 — батский ярус), 4 — девонские; кора выветривания: 5 — богатые железные руды, 6 — окисленные железистые кварциты; нижняя железорудная подсвита коробковской свиты: 7 — гематит-магнетитовые кварциты и 8 — магнетит-гематитовые кварциты второй пачки, 9 — карбонатно-магнетитовые кварциты первой пачки; 10 — верхнестойленская подсвита; 11 — скважины и их номера; 12 — дневная поверхность; 13 — контур карьера

В геологическом строении месторождений железорудных районов КМА участвуют нижнепротерозойские образования курской и оскольской серий. В составе курской серии выделены две свиты: стойленская и продуктивная коробковская, которая

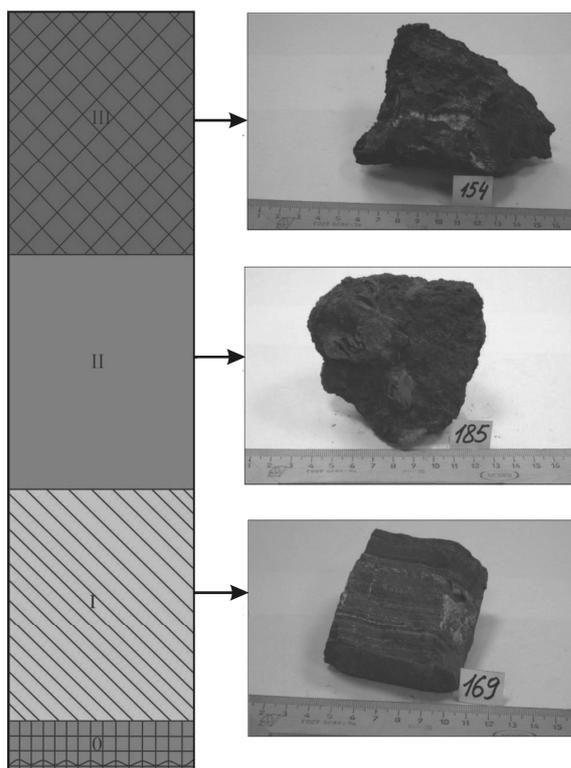


Рис. 3. Профиль коры выветривания на примере Стойленского месторождения:

III — зона богатых руд с полной мартитизацией магнетита, растворением кварца, выносом кремнезема и образованием при этом оксидов и гидроксидов железа. Содержание железа в рудах месторождений: Михайловское — $Fe_{общ} < 52-54\%$, Стойленское, Лебединское — $Fe_{общ} \geq 45\%$; II — зона интенсивного окисления (окисленные кварциты), полная мартитизация магнетита с частичным растворением кварца и силикатов, интенсивная дезинтеграция, трещиноватость и кавернозность, интенсивный вынос кремнезема и других наиболее подвижных компонентов. Содержание железа в рудах месторождений: Михайловское — $Fe_{магн} < 3-4\%$ ($< 8\%$): среднеокисленные 4–8%, высокоокисленные 1–4% кварциты, Стойленское, Лебединское — $Fe_{магн} < 12\%$, $Fe_{магн}/Fe_{общ} < 0,3$; I — зона слабого окисления (полуокисленные кварциты), частичная мартитизация магнетита, разложение карбонатов и силикатов, сохранение первичных структурно-текстурных особенностей породы. Содержание железа в рудах месторождений: Михайловское — $Fe_{магн} > 8\%$ (8–16%): полуокисленные 8–12%, слабоокисленные 12–16% кварциты, Стойленское, Лебединское — $Fe_{магн} \geq 12\%$, $Fe_{магн}/Fe_{общ} 0,3-0,7$; 0 — зона: материнские породы (железистые кварциты)

1. Содержание благородных металлов в разных типах железистых кварцитов железорудных месторождений КМА, по [1, 3, 5–7]

Породы	Химико-спектральный анализ, г/т				
	Au	Pt	Pd	Rh	Pd/Pt
<i>Стойленское месторождение</i>					
Силикатно-магнетитовые кварциты	0,21 (10)	0,04 (10)	0,11 (10)	0,0005 (7)	2,75
Магнетитовые железистые кварциты	0,22 (5)	0,1 (5)	0,07 (5)	0,001 (4)	0,70
Слаборудные кварциты	0,34 (7)	0,05 (7)	0,09 (5)	0,01 (4)	1,80
Кора выветривания: окисленные железистые кварциты	0,13	0,025	2,19	Н.о.	87,60
	<0,002	0,0019	<0,002	0,0019	-
Кора выветривания: богатые руды	<0,002	<0,002	<0,002	0,0026	-
<i>Лебединское месторождение</i>					
Силикатно-магнетитовые кварциты	0,28 (3)	0,08 (3)	0,06 (3)	Н.о.	0,75
Гематит-магнетитовый кварцит	0,56	0,03	0,15	Н.о.	5,00
Слаборудный кварцит	0,12 (2)	0,03 (2)	0,07 (2)	Н.о.	2,33
Кора выветривания: окисленный железистый кварцит	<0,002	<0,002	<0,002	0,0026	-
Кора выветривания: богатые руды	<0,002	0,0018	<0,002	0,0017	-
<i>Михайловское месторождение</i>					
Силикатно-магнетитовые кварциты	1,57 (4)	0,08 (4)	0,03 (4)	-	0,38
Магнетитовые кварциты	0,07 (3)	0,05 (4)	0,03 (4)	-	0,60
Слаборудные кварциты	0,05 (3)	0,03 (3)	0,02 (3)	-	0,67
Кора выветривания (окисленный железистый кварцит)	<0,002	<0,002	<0,002	0,0025	-
Кора выветривания: богатые руды	<0,002	<0,002	<0,002	-	-

Примечание. Анализы выполнены Г.Е.Белюсовым, Л.Ф.Карташовой, В.А.Сычковой спектрохимическим методом в лаборатории ИГЕМ РАН. По корам выветривания анализ выполнен В.Л.Кудряшовым, Е.В.Тимашевой в химико-аналитической лаборатории ФГУП «ВСЕГЕИ» методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. В скобках — число анализов. Н.о. — элемент не определялся.

включает две железорудные и две сланцевые под-свиты [1, 5].

При однотипности строения продуктивной коробковской свиты курской серии состав железистых кварцитов с благороднометальной минерализацией в Михайловском и Старооскольском рудных районах существенно различается [5, 8]. Первый из них характеризуется преимущественным развитием магнетитовых, магнетит-гематитовых, гематит-магнетитовых, гематитовых при ограниченной роли карбонатно-магнетитовых, безрудных и крайне редко силикатно-гематит-магнетитовых кварцитов [1, 4, 8]. Во втором ведущая роль принадлежит силикатно-магнетитовым (куммингтонит-, биотит-, щелочно-амфибол-, актинолит- и эгирин-ребикитовым), гематит-магнетитовым и слаборудным кварцитам. В каждом из этих типов присутствуют карбонаты [1, 3, 4, 8].

При изучении коры выветривания в рудных районах выделялись три морфогенетических типа — площадной, линейно-площадной и линейный [10]. Площадная кора имеет повсеместное распространение. Ее мощность в различных частях района колеблется от 5 до 150–300 м. В зонах тектонических нарушений и вдоль контактов со

сланцами площадная кора сменяется линейной, которая распространяется вглубь на сотни метров. При ширине 150–200 м линейная кора выветривания иногда достигает горизонта –800 м, вдоль контакта со сланцами — горизонта –400 м и глубже [2, 4, 5, 8] (рис. 2). На Стойленском месторождении мощность коры выветривания изменяется от 5 до 80 м [2, 3]. Профиль довизейской коры выветривания имеет зональное строение, обусловленное различной степенью выветривания (рис. 3).

В Старооскольском и Михайловском железорудных районах КМА повышенные содержания благородных металлов связаны с зонами сульфидизации в коре выветривания, которые размещаются в дезинтегрированных мартитизированных рудах и окисленных железистых кварцитах (табл. 1). Состав вмещающих пород и руд, характер распределения благороднометальной минерализации, соотношение тяжелых и легких платиноидов, состав минеральных фаз в значительной мере определяются положением Михайловского и Старооскольского рудных районов в структуре мегаблока КМА. При изучении таких зон следует учитывать их пространственную сопряженность с различными по внутреннему строению и составу породными и рудными ассоциациями,

2. Содержание Pt, Pd и Au в породах зеленокаменных поясов ранне- и позднеархейского циклов развития ВКМ, г/т, по [5]

Рудовмещающие формации (комплексы, серии, свиты)	Породы (в том числе их минерализованные разновидности)	Число анализов	Pt	Pd	Au	Pd/Pt
<i>Позднеархейский цикл (3–2,5 млрд. лет; олимпийский тип)</i>						
Габбро-диабазовая (тарасовский комплекс)	Габбро, габбро-диабазы	2	0,020	0,009	0,003	0,45
Дунит-перидотитовая (железногорский комплекс)	Дуниты и их серпентиниты	5	0,044	0,011	0,005	0,25
	Перидотиты и их серпентиниты	6	0,035	0,007	0,004	0,20
	То же, с сульфидной минерализацией	2	0,110–0,140	0,023–0,075	0,030	0,40
Коматиит-базальтовая (александровская свита михайловской серии)	Перидотитовые коматииты	6	0,020	0,005	0,005	0,25
	То же, с сульфидной минерализацией	1	0,060	0,023	-	0,38
	Пироксеновые коматииты	2	0,015	0,005	0,003	0,33
	Коматиитовые базальты	20	0,009	0,004	-	0,44
	Толеитовые базальты	5	0,008	0,006	-	0,75
<i>Раннеархейский цикл (>3 млрд. лет; бесединский тип)</i>						
Перидотит-пироксенит-габбро-норитовая	Габбро-нориты	8	0,010	0,005	0,003	0,50
	Перидотиты с сульфидной минерализацией	2	0,170	0,014	0,005	0,08
	Пироксениты с сульфидной минерализацией	1	0,240	0,015	-	0,06
	Горнблендиты рудные	1	1,300	0,360	-	0,28
Коматиит-пикрит (?) - базальтовая	Толеитовый базальт	3	0,012	0,005	0,003	0,42

степень эродированности и последующую структурно-вещественную эволюцию Белгородско-Михайловского и Орловско-Тимского зеленокаменных поясов [4, 5–8] (см. рис. 1).

В Белгородско-Михайловском зеленокаменном поясе присутствуют типичные для зеленокаменных поясов других континентов породные ассоциации: нижняя (в объеме александровской свиты михайловской серии) вулканогенная коматиит-базальтовая с редкими прослоями железистых кварцитов и комагматичными субвулканическими телами дунит-перидотитового состава с сульфидной медно-никелевой минерализацией, обогащенной ЭПГ (Pt, Pd) и Au (табл. 2); верхняя (в объеме лебединской свиты михайловской серии), включающая бимодальную базальт-риолитовую вулканогенную и габбро-диабазовую дайковую, в которой подобно ранней породной ассоциации отмечается преобладание Pt над Pd (см. табл. 2). Наличие повышенных концентраций Pt и Pd (при значительном преобладании Pt над Pd) и Au фиксируется в ультраосновных породах обоянского комплекса [5, 8].

В Орловско-Тимском зеленокаменном поясе в отличие от Белгородско-Михайловского практически отсутствуют коматииты и широко развиты вулканы бимодальной базальт-риодацитовой форма-

ции. Здесь отмечается пространственное сонахождение углеродсодержащих осадочных, вулканогенно-осадочных и вулканических пород неоархейской александровской свиты михайловской серии с колчеданным благороднометалльным оруденением авильского типа (Pt 0,007–0,13 г/т, Pd 0,03–0,17 г/т, Pt/Pd 1,7–4,6, Au 0,19 г/т, Ag до 2,1 г/т и др.). В основании курской серии залегают конгломераты с многочисленными разномасштабными проявлениями уран-золото-платиноносного оруденения (стойленский тип), источником формирования которого служили докурские химически зрелые коры выветривания по породам мезо- и неоархейских структур, включая плагиограниты салтыковского типа. В кварцевых конгломератах, конгломералитах и перекрывающих их алевросланцах стойленской свиты (Лебединское месторождение) постоянно присутствуют повышенные концентрации Au и ЭПГ, Pd/Pt > 1, Ru, Ir, Ag.

В исходной пробе железистых кварцитов Михайловского месторождения установлены (г/т) Au > 0,012, Pt > 0,008, Pd > 0,004, в гравитационном концентрате — Au 10, Pt 6,5, Pd 3,3. Выполненными исследованиями в коре выветривания железистых кварцитов выявлены следующие минералы: золото (620–999%), осмирид (невьянскит Ir_{0,53}Os_{0,43}

(Fe_{0,02}, Ni_{0,01}, Rh_{0,004}); Ir_{0,58}Os_{0,27} (Fe_{0,1}, Ru_{0,04}, Rh_{0,003}, Ni_{0,003}), иридоосмин (сысергскит Os_{0,55}Ir_{0,34} (Ru_{0,11}); Os_{0,54}Ir_{0,29} (Ru_{0,15}, Fe_{0,01}); Os_{0,55}Ir_{0,39} (Fe_{0,03}, Ni_{0,03}); Os_{0,59}Ir_{0,4}Ru_{0,01}), рутенистый платосмирид (Ir_{0,21}Os_{0,19}Pt_{0,16} (Fe_{0,04}, Ru_{0,003}); Ru_{0,34}Pt_{0,3}Ir_{0,14}Os_{0,1} (Rh_{0,07}, Ni_{0,03}, Fe_{0,02})), рутениридоосмин (Os_{0,35}Ir_{0,35} Ru_{0,28}Fe_{0,01}), платиносодержащий рутениридоосмин (Ru_{0,38}Os_{0,28}Ir_{0,27}Pt_{0,04} (Fe_{0,01}, Ni_{0,01})), сперрилит (Pt_{0,98-1,03}Rh_{0,01-0,03}As₂), минералы ряда рутений, иридий, осмий (Ru_{0,59}Ir_{0,19}Os_{0,12}Pt_{0,05}Rh_{0,04} (Fe_{0,01})). Преобладание тяжелых платиноидов, в частности Pt>Pd, отчетливо проявляется в минеральном составе благороднометаллических фаз Михайловского месторождения, присутствующих как в самих железистых кварцитах, так и корах их выветривания. В исходной пробе из коры выветривания железистых кварцитов месторождения содержания благородных металлов составляют, г/т [4–8] — Au 0,008, Pt 0,003, Pd 0,005, Ru 0,01, Rh 0,007, Os 0,011, Ir 0,006, в гравитационном концентрате — Au 0,95, Pt 0,006, Pd<0,004, Ru 0,11, Rh 0,19, Os 0,12, Ir 0,05. На Лебединском месторождении широко развита золото-палладийсодержащая кора выветривания железистых кварцитов (Pd 0,12–0,46, Au 2,4–5 г/т).

Метасоматически преобразованным породам свойственна Pd геохимическая специализация. Так, на отдельных участках Стойленского и Лебединского месторождений интенсивно проявлены процессы куммингтонизации и щелочного метасоматоза. На Михайловском месторождении подобная специализация характерна для пород, на которые существенное влияние оказало внедрение калиевых и субщелочных гранитов малиновского интрузивного комплекса.

Итак, в верхних зонах коры выветривания железистых кварцитов с благороднометаллической минерализацией Старооскольского и Михайловского железорудных районов КМА содержания благородных металлов не повышаются, как на некоторых зарубежных объектах, а разубоживаются. Вероятнее всего, это связано со значительным возрастным перерывом в формировании железистых кварцитов, в результате которого значительная часть коры выветривания оказалась размытой и переотложенной, и с перекрывающей их толщей довизейского возраста.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 12-05-31251), гранта ВГУ № ПСР-МГ/16-12 и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (ГК № 14.132.21.1817).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голивкин Н.И. Железные руды КМА. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001.
2. Понамарева М.М. Золото в коре выветривания железистых кварцитов Михайловского и Старооскольского железорудных районов КМА (Центральная Россия) // Вестн. ВГУ. Сер. геол. 2013. № 1. С. 155–162.
3. Резникова О.Г. Золото-платинометаллическая минерализация в железистых кварцитах Старооскольского железорудного района КМА (типы, состав и генетические особенности): Автореф. дис. канд. геол.-минер. наук. – Воронеж, 2010.
4. Чернышов Н.М., Понамарева М.М. Новые данные о формах нахождения благородных металлов в коре выветривания железистых кварцитов Михайловского месторождения КМА (Центральная Россия) // Докл. РАН. 2012. Т. 443. № 3. С. 337–341.
5. Чернышов Н.М. Платиноносные формации Курско-Воронежского региона (Центральная Россия). – Воронеж: ВГУ, 2004.
6. Чернышов Н.М., Изюитко В.М., Петров С.В., Молотков С.П. Первые находки минеральных форм элементов платиновой группы в железистых кварцитах КМА (Центральная Россия) // Докл. РАН. 2003. Т. 391. № 1. С. 104–107.
7. Чернышов Н.М., Молотков С.П., Петров С.В., Попкова Н.В. Особенности распределения и формы нахождения платиноидов и золота в железистых кварцитах Михайловского месторождения КМА // Геология и разведка. 2003. № 5. С. 24–30.
8. Чернышов Н.М., Понамарева М.М. Роль первичных источников (продуцентов) при формировании благороднометаллического оруденения в железорудных месторождениях КМА // Вестн. ВГУ. Сер. геол. 2012. № 1. С. 108–115.
9. Чернышов Н.М. Золото-платинометаллическое оруденение черносланцевого типа Курско-Воронежского региона (Центральная Россия). – Воронеж: ВГУ, 2007.
10. Четвериков Л.И. Геокинематика коры выветривания // Вестн. ВГУ. Сер. геол. 2005. № 1. С. 11–17.