

УДК 549.27+553.491.8(571.63)

ПЕРВАЯ НАХОДКА ПЛАТИНОИДОВ В ЗОЛОТО-САПФИРОНОСНОЙ РОССЫПИ р. КЕДРОВКА (БАССЕЙН р. БОЛЬШАЯ УССУРКА, ПРИМОРЬЕ)

© 2002 г. С. В. Высоцкий, Г. Г. Щека, Б. Лиманн

Представлено академиком Н.Л. Добрецовым 22.04.2002 г.

Поступило 06.05.2002 г.

Золотоносная россыпь р. Кедровка (Центральный Сихотэ-Алинь, правобережье р. Большая Уссурка) неоднократно становилась объектом пристального внимания исследователей благодаря уникальному набору полезных компонентов. Первые геологические изыскания бассейна р. Кедровка проведены в 1910–1912 гг. горным инженером Бутусовым, французским инженером Бордо и немецким горным инженером Клейсом. Были получены первые данные о золотоносности этого района [1]. Промышленная значимость россыпи установлена в 20-х годах прошлого века, тогда же началась ее отработка. В конце 70-х годов, почти через полвека отработки россыпи, в ней впервые обнаружены карбонадо, корунды и цирконы [2]. В 80-х годах прошлого столетия на месторождении и в прилегающих районах проведены интенсивные геологические работы, поскольку было обнаружено, что по своим характеристикам сапфиры аналогичны таковым из месторождений Австралии, Таиланда, Камбоджи и Лаоса. В результате этих работ получены первые сведения о составе некоторых минералов из аллювия р. Кедровка – цирконов, корундов, шпинелей и ильменитов [3, 4].

Во время наших полевых исследований в районе золотоносной россыпи р. Кедровка в “тяжелом” концентрате, полученном после отделения золота, обнаружены мелкие металлические зерна, свойства которых позволили предположить, что они относятся к минералам платиновой группы (МПГ). Химический анализ зерен (табл. 1) подтвердил принадлежность их к платиноидам. Оказалось, что это сплавы осмия–иридия–рутения–платины. За все время промышленной отработки россыпи

и при проведении геологоразведочных и поисковых работ наличие МПГ здесь ни разу не отмечено.

Известные в Приморье проявления платиноидов [5] относятся к концентрически-зональным массивам Уральского и Кондерского типов и представлены или ферроплатиной, или сперрилитом. Подобные массивы в бассейне р. Кедровки неизвестны. Поэтому авторами проведен детальный минералогический анализ МПГ и сделана попытка выявления их коренных источников.

Река Кедровка находится в центральном Сихотэ-Алине и относится к Красноармейскому району Приморского края (рис. 1). Территория ее водосбора расположена на породах Самаркинского террейна [6], представленных среднеюрско-берриассовыми турбидитами и олистостромами с включениями среднепалеозойских офиолитов, верхнепалеозойских известняков, верхнепалео-

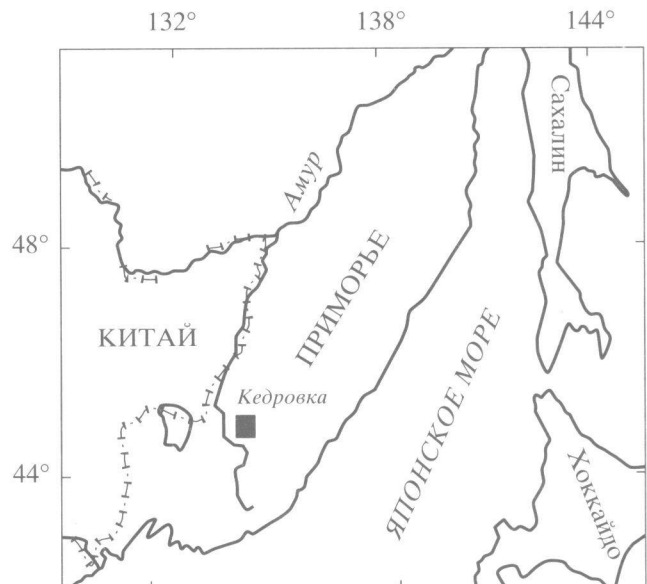


Рис. 1. Местоположение россыпи р. Кедровка.

Дальневосточный геологический институт
Дальневосточного отделения
Российской Академии наук, Владивосток
Institute of Mineralogy and Mineral Resources,
Technical University, Clausthal-Zellerfeld,
Germany

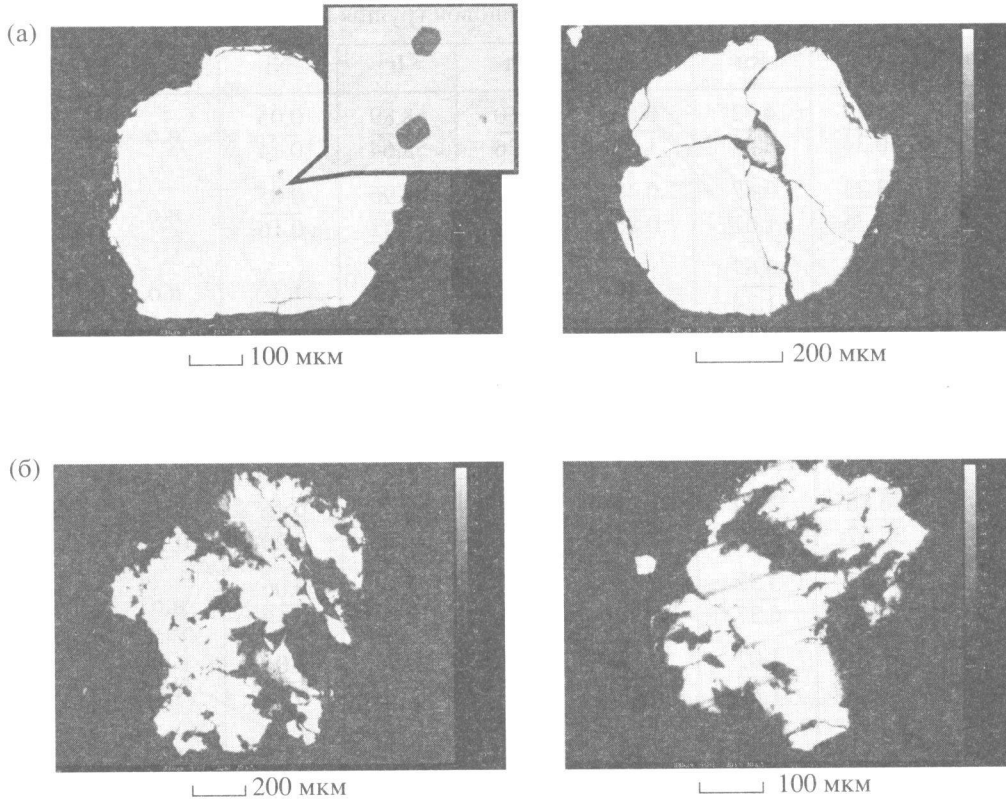


Рис. 2. Микрофотографии зерен платиноидов россыпи р. Кедровка во вторичных электронах. Иридий (а), осмий (б). На вставке показаны включения лаурита.

зойских и нижнемезозойских кремней, телами щелочных базальтов, меймечитов, пикритов.

Непосредственно в бассейне р. Кедровки обнаружены ранне-среднеюрские олистохромо-турбидитовые толщи (песчаники, алевролиты и аргиллиты), чередующиеся с пластинами триас-раннеюрских и позднепермских кремней, характерные для нижнего структурного уровня Самаркинского террейна (Эльдовакский субтеррейн по [7]). Все породы в районе исследований претерпели термальное преобразование – терригенные породы ороговикованы, а кремнистые превращены в микрокварциты. Изверженные породы исследуемого участка представлены дайками юрских пикритов, нижнемеловых гранитов, гранит-порфиров и габброидов, покровами и вулканическими постройками неоген-четвертичных щелочных базальтов.

МПП образуют зерна без отчетливо выраженных кристаллографических очертаний (рис. 2). Большинство из них несет следы дробления и истирания. Размеры зерен варьируют от 50 мкм до 1 мм, основная их часть относится к фракции 0.5 мм. Анализ десяти изученных зерен показал (табл. 1), что они представляют собой поликомпонентные сплавы тугоплавких платиноидов – иридия, осмия, рутения. По классификации Д. Харриса и

Л. Кабри [8] 7 из 10 образцов попадают в поле иридия и 3 – в поле осмия (рис. 3).

Основной примесью Os-Ir-сплавов является Ru. Его содержания колеблются в пределах 0.42–10.21 мас. %. При этом подгруппа осмия в целом обогащена Ru по сравнению с подгруппой иридия, хотя прямые корреляции Os и Ru отсутствуют. В свою очередь в подгруппе иридия наблюдаются отчетливые корреляции Pt с Ir. Среднее содержание Pt составляет 3 мас. %, хотя отмечаются зерна, как совсем не содержащие платину (как правило, это минералы Os-подгруппы), так и сплавы, где содержание Pt достигает 7.57 мас. %. Примесь Rh достигает 1.51 мас. % и не обнаруживает связи с другими ЭПГ.

Ни один из составов изученных зерен не попадает в область несмесимости Ru-Ir-Os-Pt твердых растворов (рис. 3). Матрица иридиевых зерен часто неоднородна. Отмечены тонкие, практически незаметные в отраженном свете, различия в оттенках, объясняемые вариацией содержания Os-компонента.

В двух зернах обнаружены включения минералов лаурит-эрлихманитового ряда. В первом случае они образуют в центре зерна иридия небольшие (10 × 5 мкм) идиоморфные включения с отчетливо выраженным гексагональным габитусом

Таблица 1. Представительные анализы минералов платиновой группы из россыпи р. Кедровка

№ п/п	№ обр.	Os	Ru	Rh	Pt	Ir	Ni	Co	Fe	Total
1	V1-1sv	<u>31.77</u>	<u>4.72</u>	<u>0.86</u>	<u>3.50</u>	<u>58.89</u>	<u>0.05</u>	н.о.	<u>0.19</u>	<u>99.98</u>
		<u>30.34</u>	<u>8.48</u>	<u>1.51</u>	<u>3.26</u>	<u>55.64</u>	<u>0.14</u>		<u>0.63</u>	<u>100.00</u>
2	V1-2	<u>33.23</u>	<u>0.87</u>	<u>0.48</u>	<u>2.42</u>	<u>62.96</u>	<u>0.05</u>	н.о.	<u>0.26</u>	<u>100.27</u>
		<u>32.76</u>	<u>1.61</u>	<u>0.86</u>	<u>2.32</u>	<u>61.42</u>	<u>0.16</u>		<u>0.87</u>	<u>100.00</u>
3	V1-2/1	<u>61.67</u>	<u>0.67</u>	н.о.	н.о.	<u>38.54</u>	н.о.	н.о.	<u>0.16</u>	<u>101.04</u>
		<u>60.70</u>	<u>1.24</u>			<u>37.54</u>			<u>0.52</u>	<u>100.00</u>
4	V1-3mch	<u>36.10</u>	<u>1.04</u>	<u>0.44</u>	<u>7.36</u>	<u>54.92</u>	<u>0.02</u>	н.о.	<u>0.12</u>	<u>100.00</u>
		<u>35.79</u>	<u>1.94</u>	<u>0.81</u>	<u>7.11</u>	<u>53.88</u>	<u>0.07</u>		<u>0.40</u>	<u>100.00</u>
5	V1-5i	<u>30.83</u>	<u>0.57</u>	<u>0.07</u>	<u>3.49</u>	<u>63.17</u>	<u>0.10</u>	н.о.	<u>0.48</u>	<u>98.71</u>
		<u>30.85</u>	<u>1.08</u>	<u>0.13</u>	<u>3.41</u>	<u>62.57</u>	<u>0.31</u>		<u>1.65</u>	<u>100.00</u>
6	V1-5sv	<u>36.86</u>	<u>2.30</u>	<u>1.27</u>	<u>3.31</u>	<u>56.31</u>	<u>0.06</u>	<u>0.04</u>	<u>0.24</u>	<u>100.39</u>
		<u>35.57</u>	<u>4.17</u>	<u>2.26</u>	<u>3.12</u>	<u>53.77</u>	<u>0.20</u>	<u>0.13</u>	<u>0.78</u>	<u>100.00</u>
7	V1-6	<u>54.67</u>	<u>3.52</u>	<u>0.33</u>	<u>0.93</u>	<u>40.91</u>	<u>0.06</u>	н.о.	<u>0.23</u>	<u>100.65</u>
		<u>52.43</u>	<u>6.37</u>	<u>0.58</u>	<u>0.86</u>	<u>38.82</u>	<u>0.18</u>		<u>0.76</u>	<u>100.00</u>
8	V1-7	<u>37.24</u>	<u>1.02</u>	<u>0.13</u>	<u>3.11</u>	<u>58.96</u>	<u>0.04</u>	н.о.	<u>0.22</u>	<u>100.72</u>
		<u>36.62</u>	<u>1.89</u>	<u>0.23</u>	<u>2.99</u>	<u>57.39</u>	<u>0.14</u>		<u>0.74</u>	<u>100.00</u>
9	V1-8mch	<u>20.31</u>	<u>0.55</u>	<u>0.32</u>	<u>3.90</u>	<u>73.30</u>	<u>0.05</u>	н.о.	<u>0.22</u>	<u>98.65</u>
		<u>20.48</u>	<u>1.05</u>	<u>0.59</u>	<u>3.83</u>	<u>73.14</u>	<u>0.17</u>		<u>0.74</u>	<u>100.00</u>
10	V2-1msvch	<u>30.26</u>	<u>0.73</u>	<u>0.46</u>	<u>2.01</u>	<u>65.54</u>	<u>0.14</u>	н.о.	<u>0.55</u>	<u>99.69</u>
		<u>29.79</u>	<u>1.36</u>	<u>0.83</u>	<u>1.93</u>	<u>63.83</u>	<u>0.43</u>		<u>1.83</u>	<u>100.00</u>
11	V2-1sv	<u>34.29</u>	<u>2.03</u>	<u>0.68</u>	<u>1.88</u>	<u>61.67</u>	<u>0.07</u>	н.о.	<u>0.19</u>	<u>100.81</u>
		<u>33.26</u>	<u>3.70</u>	<u>1.21</u>	<u>1.78</u>	<u>59.18</u>	<u>0.23</u>		<u>0.64</u>	<u>100.00</u>
12	V2-2sv	<u>50.90</u>	<u>10.21</u>	н.о.	н.о.	<u>38.84</u>	<u>0.12</u>	н.о.	<u>0.44</u>	<u>100.51</u>
		<u>46.10</u>	<u>17.39</u>			<u>34.80</u>	<u>0.34</u>		<u>1.37</u>	<u>100.00</u>

Примечание. Анализы проведены на микроанализаторе Cameca SX 100 в Институте минералогии и минеральных ресурсов технического университета г. Клаусталь (Германия). При съемке использованы следующие параметры: 20 кВ, 20 нА, диаметр пучка 1–3 мкм. Время экспозиции варьировало от 10 до 30 с в зависимости от элемента. В целом проанализировано 19 элементов. Используются стандарты: FeS₂, PbTe, SnO₂, InAs; чистые металлы: Os, Bi, Ru, Pd, Ag, Sb, Au, Pt, Ir, Ni, Co, Fe, Cu. K_α-линии использованы для Ni, Co и Fe, L_α-линии – для Ru, Rh, Sn, Sb, Te, Au, Pt, Ir, Cu; Lβ₁-линии – для Pd и Ag и M_α-линии – для Os, Pb, Bi. Получены следующие пределы обнаружения (мас. %): S – 0.05; Bi – 0.18; Rh – 0.12; Pd – 0.34; Ag – 0.32; Sb – 0.08; Pt – 0.27; Ni – 0.02; Co – 0.03; Fe – 0.04; Cu – 0.09 и As – 0.05. Н. о. – ниже предела обнаружения. Над чертой – в мас. %, под чертой – в ат. %.

(рис. 2). В другом случае лаурит находится в сростках с иридиевым зерном. Осмиевая составляющая в лаурите достигает 13 ат. %. Исходя из взаимоотношений минералов, можно выделить две морфолого-генетические разновидности лаурита: первичная, сформировавшаяся ранее Os–Ir-сплавов, и более поздняя, наложенная на осмиридиевую минерализацию.

Важная задача, возникающая в связи с нахождением платиноидов, – это определение их коренного источника. Неоднократно отмечалось, что минеральные ассоциации платиноидов являются типоморфными признаками различных типов месторождений [5, 9]. Так, в хромит-дунитовом типе месторождений преобладают железо-платиновые сплавы (до 90%), осмириды отмечаются в не-

значительном количестве. Сульфиды и арсениды Pd и Pt преобладают в месторождениях сульфидного типа. Офиолитовые же комплексы характеризуются исключительным преобладанием сплавов осмия, иридия и рутения. Лаурит присутствует во всех типах Pt-минерализации, включая и офиолиты.

Минеральный состав МПГ р. Кедровка показывает, что их источники относятся либо к рутениридоосминовой либо к иридоосминовой россыпеобразующей формации [9]. Присутствие в россыпи МПГ, являющихся сплавами тугоплавких ЭПГ (при отсутствии железо-платиновых сплавов), говорит о возможной связи их коренных источников с офиолитовыми комплексами.

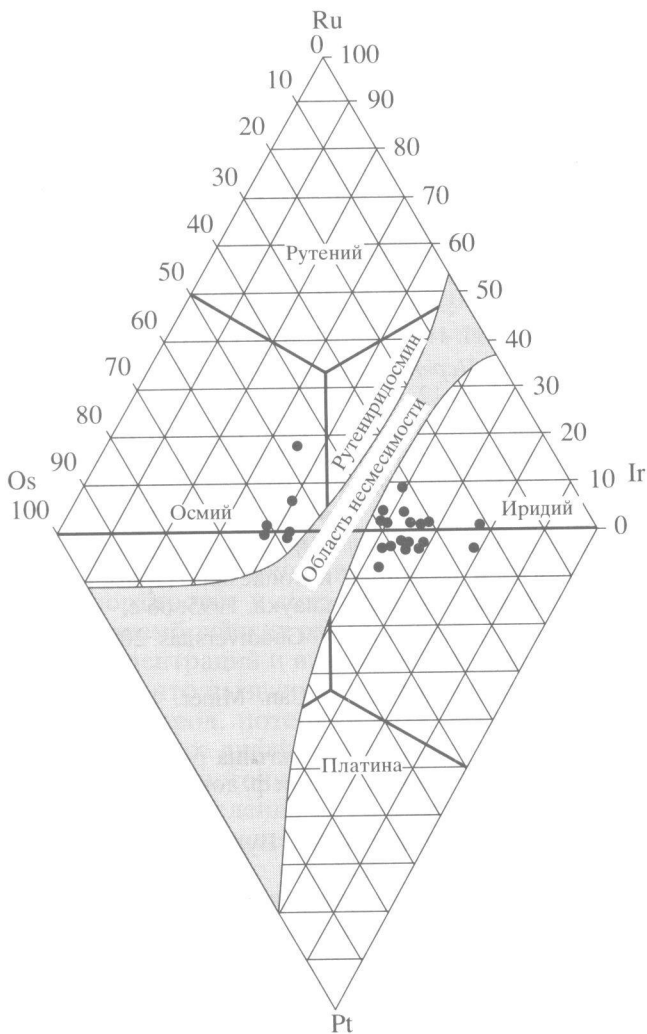


Рис. 3. Химический состав изученных платиноидов в координатах Os-Ru-Ir-Pt.

По данным предыдущих исследований и нашим материалам, в шлихах отмечены циркон, благородный корунд, шпинель, титаномагнетит, пикроильменит, пирит, гематит, энстатит. Нами обнаружены хромдиоксид, гранат, касситерит. Спектр минералов из тяжелой фракции шлиха свидетельствует о формировании россыпи р. Кедровка из нескольких, генетически разнородных коренных источников. В этой связи весьма информативны шпинели. Они представлены кристаллами, размером 0.2–4 мм, иногда достигающими 20 мм и более. По хромистости С.В. Есин и Ю.В. Перетятыко [3] выделяют четыре группы шпинелей – от безхромистых до высокохромистых, причем наиболее высокохромистая шпинель имеет содержание Cr_2O_3 27 мас. %. С.А. Ананьев и др. [4] приводят анализ еще более высокохромистой шпинели, содержащей 43.5 мас. % Cr_2O_3 . По данным геолого-производственников, в россыпи имеются единичные зерна шпинели, в кото-

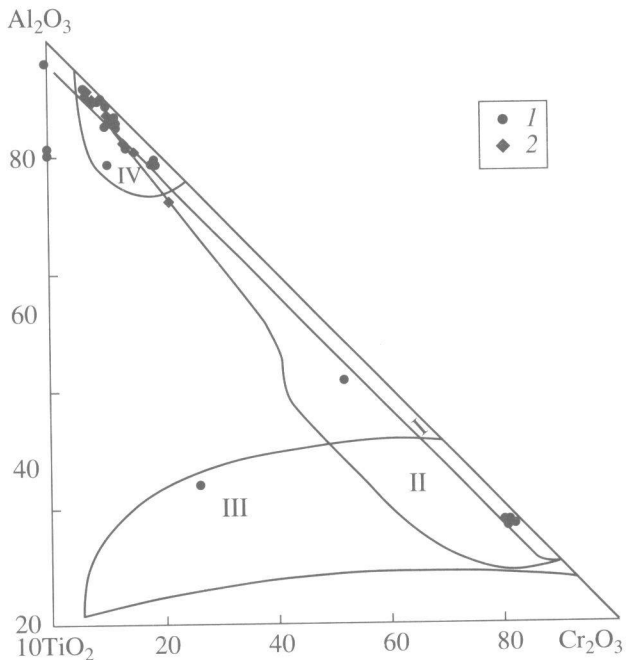


Рис. 4. Шпинели россыпи р. Кедровка на диаграмме Al-Ti-Cr (ат. %). 1 – россыпь р. Кедровка, 2 – лерцолитовые включения и мегакристы в базальтах Вострцовской группы. Поля: офиолитов (I), концентрически-зональных массивов уральского (II) и кондерского (III) типов, лерцолитовых включений и мегакристов в базальтах (IV). (I-III по [5]; IV – по [10].

рых содержание Cr_2O_3 колеблется от 58 до 62 мас. %. Подобные разновидности обнаружены и нами (табл. 2). Специфическими особенностями этих шпинелей являются низкие титанистость и окисленность при аномально высокой хромистости и магниальности. Это отчетливо отражается на диаграмме Al-Ti-Cr (рис. 4), где эти шпинели однозначно попадают в поле офиолитов, в то время как основная масса шпинелей занимает область лерцолитовых включений в щелочных базальтах. Единичные точки составов шпинелей оказываются в поле щелочно-ультраосновных комплексов, представленных юрскими пикритами и меймечитами.

Таким образом, состав высокохромистых шпинелей указывает на их принадлежность к ультрабазитам офиолитовых комплексов. Последние широко распространены в Приморье [11, 12], и большинство из них приурочено к Самаркиному террейну. Выходы ультрабазит-базитовых тел трассируются с юго-запада на северо-восток Приморья через долину р. Кедровка. Хотя в районе месторождения по результатам геологической съемки крупные тела офиолитовых ультрабазитов не обнаружены, плохая обнаженность района не позволяет полностью исключить их присутствие. Кроме того, в олистостромах Самаркинского тер-

Таблица 2. Состав высокохромистых шпинелей из россыпи р. Кедровка

Компонент	1	2	3	4
TiO ₂	0.07	0.14	0.12	0.11
Al ₂ O ₃	8.24	7.88	8.22	8.17
Cr ₂ O ₃	62.16	60.18	58.8	60.46
Fe ₂ O ₃	1.37	5.63	5.65	4.08
FeO	17.89	12.4	14.27	12.65
MnO	0.34	0.19	0.28	0.38
MgO	9.93	13.57	12.22	13.09
Total	100.00	99.99	99.56	98.94
Cr#	83.50	83.67	82.75	83.23
Mg#	49.76	66.13	60.44	64.87
Fe ₃ /Fe _{tot}	6.45	29.03	26.29	22.52

Примечание. 1–3 – по данным А.И. Ромашкина, 1991 г.; 4 – данные авторов.

рейна широко представлены глыбы ультрабазитов.

Таким образом, изучение состава и минерального парагенезиса МПГ из россыпи р. Кедровка показало, что наиболее вероятным источником платиноидов являются офиолиты, которые в настоящее время скрыты под чехлом четвертичных отложений.

Авторы благодарны К. Херманну (Технический Университет г. Клаусталь, Германия) за помощь в проведении микронзондовых исследований.

Настоящая работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 01–05–96913) и Немецкой службы академических обменов (DAAD).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аннерт Э.Э. Богатства недр Дальнего Востока. Хабаровск; Владивосток: Акц. о-во "Книжное дело", 1928. 930 с.
2. Каминский Ф.В., Клюев Ю.И., Прокопчук Б.И. и др. // ДАН. 1978. Т. 242. № 3. С. 687–689.
3. Есин С.В., Перетягко Ю.В. // Геология и геофизика. 1992. № 12. С. 93–102.
4. Ананьев С.А., Ананьева Т.А., Гаранин В.К., Кудрявцева Г.П. // Зап. ВМО. 1998. № 4. С. 120–124.
5. Щека С.А., Вржосек А.А. В кн.: Платина России. М.: Геоинформмарк, 1999. Т. 3. С. 66–75.
6. Ханчук А.И., Раткин В.В., Рязанцева М.Д. и др. Геология и полезные ископаемые Приморского края. Владивосток: Дальнаука, 1995. 66 с.
7. Kemkin I.V., Filippov A.N. // Geodiversitas. 2001. V. 23. № 3. P. 323–339.
8. Harris D.S., Cabri L.J. // Can. Miner. 1991. V. 29. P. 231–237.
9. Мочалов А.Г. Шлиховая платина россыпей Дальнего Востока России. Автореф. докт. дис. М., 2001. 48 с.
10. Щека С.А., Вржосек А.А. // Вулканология и сейсмология. 1983. № 2. С. 3–15.
11. Высоцкий С.В., Оковитый В.Н. // Тихоокеан. геология. 1990. № 5. С. 76–87.
12. Vysotskiy S.V. // Circum-Pacific Ophiolites: Proc. Ophiolite Symp. XXIX Intern. Geol. Congress. Kyoto: VSP, 1994. P. 145–162.