УДК 553.411(571.65)

**МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ПРИРОДНЫХ (ЕСТЕСТВЕННЫХ)
ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ ГРАНАТ-МАГНЕТИТОВЫХ ШЛИХОВ
ЮГО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ****Кунгурова В.Е.***Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения
Российской академии наук, Петропавловск-Камчатский, e-mail: biolab@kscnet.ru*

Многочисленные поверхностные ореолы гранат-магнетитовых золотосодержащих природных (естественных) шлихов на пляже в юго-западной части Камчатского полуострова, на побережье Охотского моря, представлены прерывистыми струями шириной первые метры, длиной десятки – первые сотни метров, мощностью до 10 см. На поверхности пляжа происходит развитие до трех параллельных берегу зон природных шлихов, приуроченных к определенным элементам рельефа: к гребню штормового вала, ко второй аккумулятивной террасе, к основанию берегового уступа. Это средне-мелко-зернистые пески с небольшим содержанием гравийно-галечной составляющей. Проведен рентгенофазовый анализ (метод корундового числа) данных образований на порошковом рентгеновском дифрактометре Rigaku Ultima IV с целью определения их минерального состава. Высокая достоверность метода дает сведения о структуре вещества. Результаты исследований подтверждают, что многочисленные отложения этого типа могут являться не только источником извлечения драгоценного металла, но и титаномагнетита, концентрации которого в шлихах составляют 16,3–39,4%, гранатов – 7–13,1%, ильменита – до 7,7%. Наиболее обогащены полезными компонентами пляжи неполного профиля на абразионном участке берега, у основания берегового обрыва, особенно поверхностный гранат-магнетитовый шлик, мощность которого более 5 см и содержание золота составляет более 100 мг/м³. По результатам рентгенофлуоресцентного анализа на приборе EDX Pocket Series IV в этих пробах отмечены повышенные содержания ванадия. Все эти особенности следует учитывать в дальнейшем при разработке схем обогатимости технологических проб при извлечении золота из металлоносных осадков.

Ключевые слова: Юго-Западное побережье Камчатки, золото, природный (естественный) гранат-магнетитовый шлик, рентгенофазовый анализ, метод корундового числа

**MINERAL COMPOSITION OF NATURAL GOLD-CONTAINING
GARNET-MAGNETITE SCHLICH OF THE SOUTH-WESTERN
COAST OF KAMCHATKA****Kungurova V.E.***Scientific research geotechnological centre Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences,
Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: biolab@kscnet.ru*

Numerous surface halos of garnet-magnetite gold-containing natural schliches on the beach in the south-western part of the Kamchatka Peninsula, on the coast of the Okhotsk Sea, are represented by broken lines with the width not more than 10 meters, with the length from tens to hundreds of meters, with the thickness up to 10 cm. The development of up to three zones of natural schliches parallel to the shore and associated with the certain relief elements: to the peak of the storm surge, to the second accumulative terrace, to the base of the sea cliff takes place on the surface of the beach. It is medium-fine-grained sands with a small content of gravel-pebble component. X-ray phase analysis (the method of corundum number) of these formations was carried out at X-ray powder diffractometer Rigaku Ultima IV to determine mineral composition of samples. High confidence of the method gives information about the structure of substance. Numerous formations of this type can be not only a source of precious metal extraction, but as well as titanomagnetite which concentration in the schliches is 16.3-39.4%, garnets – 7-13.1% ilmenite – up to 7.7%. The beaches of the incomplete profile on the abrasive sections of the shore at the base of the coastal cliff are the most enriched with useful components. Especially this is a surface garnet-magnetite schlich which thickness is more than 5 cm and the gold content in it is more than 100 mg/m³. According to the results of X-ray fluorescence analysis at the EDX Pocket Series IV there are high concentrations of vanadium in these samples. All these features should be taken into account in future while developing the processing flowsheets of technological samples during extracting gold from metalliferous sediments.

Keywords: South-Western coast of Kamchatka, gold, natural garnet-magnetite schlich, X-ray phase analysis, corundum number method

В последние годы все больше внимания уделяется комплексным прибрежно-морским россыпям тяжелых металлов. В настоящее время в мире из них добывают золото, алмазы, ильменит, рутил, циркон, монацит, магнетит, хромит и другие полезные ископаемые [1, 2]. По значимости прибрежно-морские россыпи стоят на втором месте

после аллювиальных. Разработки россыпей подобного рода расширяются, различные страны начинают осваивать эти богатства [3–7]. В конце 1960-х начале 1970-х гг. геологами Камчатского и Приморского территориальных геологических управлений, сотрудниками лаборатории обогащения золотых песков Центрального научно-ис-

следовательского геологоразведочного института цветных и благородных металлов, Всесоюзного научно-исследовательского института морской геологии и геофизики на шельфе Охотского моря и в его прибрежной части были проведены геологоразведочные и тематические исследования [8, 9], в результате которых вдоль западного побережья Камчатки установлена повсеместная золотоносность отложений, выделены перспективные участки. Эпизодически работы продолжались до 1983 г. Применение новых современных технологий позволяет сегодня решать проблемы, связанные с извлечением тонких классов золота, присутствующего в отложениях пляжа Западной Камчатки. В связи с этим в 1997–2000 гг., а затем в 2015 г. Научно-исследовательским геотехнологическим центром ДВО РАН были продолжены работы с целью уточнения перспектив освоения прибрежно-морских золотоносных образований [10, 11], с учетом применения новейших методов обогащения золотосодержащего материала. Немаловажное значение в качестве дополнительных источников добычи золота имеют расположенные вдоль всего побережья на поверхности пляжа гранат-магнетитовые золотосодержащие природные (естественные) шлихи, которые в случае добычи золота также могут быть использованы. В них присутствует, кроме золота, значительное количество титаномагнетита, ильменита, граната, которые могут попутно извлекаться в случае добычи благородного металла [10]. С целью получения более полной информации об их минеральном составе проведено изучение этих шлихов на качественно новом уровне, с использованием современной аналитической аппаратуры.

Материалы и методы исследования

Исследован минеральный состав проб, отобранных в 2015 г. из поверхностных ореолов гранат-магнетитовых золотосодержащих природных (естественных) шлихов на пляже в юго-западной части Камчатки севернее мыса Левашова, на участках его максимального распространения – в приклифовой части пляжа (рис. 1–2).

Материал проб представляет собой средне-мелко-зернистые пески с небольшим содержанием гравийно-галечной составляющей (5–7% от всего объема). Количество исходного материала – 15 кг. Проба расситована, отобрана фракция менее 2 мм, затем отквартована методом кольца и конуса, истерта до размерности 0,080 мм.

Исследования проводились на высокоточном порошковом рентгеновском дифрактометре с горизонтальным закреплением образца Rigaku Ultima IV методом рентгеновской спектроскопии. В качестве подложки при съемке использовалась стеклянная кювета. Съемка дифрактограммы порошка проб проводилась с использованием D/tex детектора в диапазоне углов 2Θ 10–100 град, со скоростью 1,0 град/мин. Режим съемки – стандартный [12].

Высокая достоверность метода дает сведения о структуре вещества. Идентификация кристаллических фаз в пробе производится по полученным параметрам элементарных ячеек, межплоскостных расстояний и относительным интенсивностям соответствующих линий на рентгенограмме. Анализ полученных спектров и расчет количественного минерального состава породы проводился методом корундового числа (RIR метод) с использованием программного комплекса PDXL-2 [13, 14].

Результаты исследования и их обсуждение

Помимо собственно пляжевых золотоносных образований и золотосодержащих отложений подводного берегового склона, ценными являются многочисленные поверхностные золотосодержащие гранат-магнетитовые ореолы – природные шлихи, возникающие, как правило, на одних и тех же участках пляжа после сильных штормов. Расположены они на пляжах неполного профиля на абразионных участках берега. В поверхностном слое пляжа происходит развитие до трех параллельных зон природных (естественных) шлихов: первая – у гребня штормового вала с минимальными размерами и малым содержанием золота; вторая приурочена ко второй аккумулятивной террасе; третья, наиболее продуктивная и крупная, располагается у основания берегового обрыва, клифа. Поверхностные ореолы представляют собой прерывистые струи шириной первые метры, длиной – десятки или первые сотни метров; мощность их колеблется от 1 до 10 см. Отдельные ореолы, расположенные у основания клифа, имеют ширину 3–4 м и достигают протяженности до 1800 м [8, 9], характеризуются постоянно высокими содержаниями полезных компонентов и являются наиболее перспективными на предмет извлечения полезных компонентов. Количество минералов тяжелой фракции достигает здесь 60–70% от всего объема пробы, а в отдельных случаях 85%.

Рис. 1. Схематическая карта с точками отбора проб

Рис. 2. Место отбора пробы ZP-4 из природного (естественного) гранат-магнетитового шлиха, лежащего на поверхности глинистого пляжа у основания берегового обрыва

Изучен минеральный состав этих естественных шлихов с содержаниями золота более 100 мг/м^3 , мощностью образований 5–10 см (пробы L-10, L-40, ZP-2) и с содержаниями золота менее 50 мг/м^3 и мощностью 1–5 см (пробы ZP-4, ZP-6, ZP-8). Типоморфные особенности золота из отложений пляжа более подробно были освещены ранее в ряде работ [11, 15], и в данной статье приведены только содержания металла в анализируемых пробах и короткая характеристика обнаруженных в нем золотин. Проба варьирует в широ-

ких пределах (от низко- до высокопробного), что дает возможность предположить наличие разноформационных россыпеобразующих источников. Золото из этих шлихов хорошо окатанное, пластинчатой, уплощенной, чешуйчатой формы, размером 0,1–1 мм, толщиной до 0,1 мм. Оно перед анализом на приборе предварительно выбрано из проб; посчитано его количество в мг/м^3 .

Результаты качественного и количественного анализа минерального состава проб приведены в табл. 1.

Таблица 1

Минеральный состав проб из природных гранат-магнетитовых шлихов
Юго-Западной Камчатки (по результатам анализа RIR методом)

Минералы	Химическая формула	Номера проб					
		L10	ZP2	L40	ZP4	ZP6	ZP8
		содержания золота >100 мг/м ³			содержания золота <50 мг/м ³		
титаномагнетит	$\text{Fe}_{2.75}\text{Ti}_{0.25}\text{O}_4$	38,0	32,1	39,4	19,8	17,5	16,3
магнезиоферрит	$(\text{MgFe}_2)\text{O}_4$	21,6	12,8	10,0	2,2	6,7	7,8
ульвешпинель	$(\text{Mg, Fe})(\text{Cr, Al, Fe})_2\text{O}_4$	0,6	0,7	2,8	0,3	8,2	0,6
франклинит	ZnFe_2O_4		0,2	0,3	0,7	0,2	0,4
кульсонит	$(\text{Fe, V})_3\text{O}_4$	1,2	0,2	0,2	1,0		1,0
магнезиохромит	$(\text{Fe, Mg})\text{Cr}_2\text{O}_4$	0,5	–	0,8	–	0,6	–
хромит	FeCr_2O_4	–	0,2	–	–	–	0,1
кварц	SiO_2	7,1	3,8	3,5	31,0	20,0	26,1
α -кварц	SiO_2	0,3	4,2	3,3	3,0	0,1	0,2
стишовит	SiO_2	0,3	0,2	1,1	–	–	–
альбит	$\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	1,0	7,8	2,7	6,2	–	0,2
лабрадор	$\text{Ca}_{0.68}\text{Na}_{0.30}(\text{Al}_{1.66}\text{Si}_{2.34}\text{O}_8)$	2,4	1,2	1,5	–	–	1,2
анортит	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	2,3	7,9	1,0	19,6	16,7	14,4
анортоклаз	$(\text{Na}_{0.75}\text{K}_{0.25})(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	–	–	1,6	–	–	–
энстатит	$\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$	1,0	1,1	1,3	–	8,6	20,9
ортопироксен	$(\text{Mg}_{0.928}\text{Fe}_{0.062})(\text{Mg}_{0.892}\text{Fe}_{0.088})\text{Si}_2\text{O}_6$	2,0	3,8	4,1	–	3,0	–
клинопироксен	$\text{CaFe}(\text{Si}_2\text{O}_6)$	–	–	1,2	0,3	–	0,6
авгит	$\text{Ca}(\text{Mg, Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$	–	–	1,5	–	2,3	2,2
диопсид	$\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$	–	1,6	0,9	5,8	0,6	0,4
пизонит	$(\text{Mg, Fe, Ca})_2\text{Si}_2\text{O}_6$	1,5	1,3	–	–	3,8	2,2
геденбергит	$\text{CaFe}(\text{Si}_2\text{O}_6)$	–	–	–	0,5	–	–
пироп	$(\text{Mg}_{0.742}\text{Ca}_{0.258})_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	1,1	1,6	1,4	–	1,7	–
альмандин	$(\text{Ca}_{0.24}\text{Mg}_{1.12}\text{Mn}_{0.04}\text{Fe}_{1.59})(\text{Al}_{1.99}\text{Cr}_{0.01})\text{Si}_3\text{O}_{12}$	6,7	5,2	7,7	2,1	2,1	1,7
андрадит	$\text{Ca}_3\text{Fe}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	–	0,2	1,6	1,8	0,7	–
спессартин	$\text{Mn}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	1,0	0,4	2,4	–	1,6	1,0
биотит	$\text{K}(\text{Mg, Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH, F})_2$	–	–	–	3,7	–	0,3
ильменит	$\text{Fe}(\text{TiO}_3)$	5,5	7,6	4,3	0,8	2,9	0,6
гейкилит магниевый	$(\text{Mn}_{0.5}\text{Mg}_{0.5})\text{TiO}_3$	2,8	1,0	1,8	0,1	–	–
пирофанит	$\text{Mn}(\text{TiO}_3)$	–	–	1,1	–	0,1	–
рутил	TiO_2	1,9	1,0	1,1	–	–	0,1
сфен	CaTiSiO_5	0,2	0,1	0,2	–	1,4	0,1
гематит	Fe_2O_3	–	2,5	–	0,5	–	1,1
пирит	FeS_2	0,5	–	–	–	0,5	–
циркон	$\text{Zr}(\text{SiO}_4)$	–	0,4	0,1	–	–	0,1
хризоберилл	$\text{Al}_2(\text{BeO}_4)$	–	0,1	–	–	0,2	–
касситерит	SnO_2	0,1	–	0,2	–	–	–
ставролит	$\text{Al}_4\text{FeSi}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	0,4	0,5	0,5	–	0,1	–
эпидот	$\text{Ca}_2(\text{Al, Fe})_3(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)\text{O}(\text{OH})$	–	0,3	0,4	0,6	0,4	0,4

Примечание. Приведены химические формулы из базы данных [13, 14].

В целом преобладающими в природных шлихах, образованных на поверхности пляжей, являются минералы ряда магнетита (24–61,4%): титаномагнетит, магнезиоферрит, франклинит, ульвошпинель, кульсонит (ванадиевый магнетит). В незначительных количествах присутствует хромит, магнезиохромит (магний аналог хромита). Между магнетитом и хромитом и между шпинелью и хромитом существует непрерывный изоморфный ряд, поэтому химический состав их непостоянен и в шлихах встречено такое разнообразие минералов группы магнетит – хромит.

Широко представлены также: кварц (7,6–34,0%) различных модификаций (высоко- и низкотемпературный); плагиоклазы альбит-анортитового ряда (5,2–25,8%); пироксены ромбические (3,0–20,9%): энстатит, ортопироксен и моноклинные (1,5–6,6%): клиноэнстатит, клинопироксен, авгит, диопсид, пижонит, геденбергит.

Из минералов группы ильменита идентифицированы ромбодрические ильменит (до 7,6%), гейкилит (до 2,8%), пирофанит (до 1,1%). Присутствуют рутил (до 1,9%), сфен (до 1,4%).

Разнообразно представлены гранаты: (2,7–13,1%) альмандин, пироп, андрадит, спессартин, с количественно преобладающим альмандином – 1,7–7,7%.

Присутствуют в шлихах гематит, пирит, ставролит, биотит, эпидот. В количестве менее 0,5% встречены циркон, касситерит, хризоберилл.

Выявленный в поверхностных отложениях пляжа спектр основных и второстепенных минералов (табл. 1) свидетельствует о том, что источниками, их питающими,

являются породы весьма различного генезиса: магматические, метаморфические, гидротермальные, контактово-метасоматические. Одним из главных показателей их концентрации в отложениях пляжа является их высокая устойчивость к выветриванию.

Пробы L-10, L-40, ZP-2 отличаются от проб ZP-4, ZP-6, ZP-8 не только по содержаниям в них золота (более 100 мг/м³ и менее 50 мг/м³ соответственно) и мощности образований, но и большими, превышающими в 2 раза, концентрациями титаномагнетита (32,1–39,4% против 16,3–19,8%). Суммарное количество минералов группы гранатов составляет здесь 7,3–13,1% против 2,7–6,1% соответственно. При этом наибольшее присутствие и разнообразие гранатов отмечается в пробе L-40, отобранной из естественного шлиха на пляже к северу от устья р. Утка.

По качественному составу основных породообразующих минералов (кварц, полевые шпаты, пироксены) исследуемые пробы идентичны. Изменяются лишь количественные соотношения. Севернее р. Быстрая, в маломощных образованиях естественного шлиха (пробы ZP-4, ZP-6, ZP-8), увеличиваются содержания кварца (до 32% в ZP-4), плагиоклазов (до 26,4% в ZP-4).

По результатам рентгенофлуоресцентного анализа на приборе EDX Pocket Series IV (оператор С.В. Паламарь) определены содержания некоторых элементов (табл. 2). Повышенные содержания титана и ванадия отмечаются в пробах, в минеральном составе которых значительные содержания титаномагнетита и ильменита. Ванадий концентрируется в магнетите, изоморфно замещая железо, поскольку радиусы ионов близки.

Таблица 2

Содержания некоторых элементов в естественных гранат-магнетитовых шлихах Юго-Западной Камчатки

Элементы	Содержания элементов в пробах, %					
	L-10	ZP-2	L-40	ZP-4	ZP-6	ZP-8
Ca	4,2	4	3,9	3,6	4,7	4,2
Co	1,89	1,1	0,14	0,32	0,9	0,7
Fe	65,6	37,5	51,9	10,78	31,4	23,3
K	0,6	0,3	1,9	1,6	0,6	1,3
Mn	0,38	0,33	0,3	0,17	0,29	0,23
Ni	0,08	0,03	0,06	0	0,02	0,007
Pb	0,0003	0	0,0001	0	0	0
Sr	0,0036	0,0035	0,0054	0,017	0,009	0,015
Ti	12,1	17,5	9,4	1,5	4,8	3,5
V	0,26	0,2	0,2	0,003	0,08	0,04
Zn	0,03	0,012	0,019	0,007	0,015	0,015

Выводы

Проведенный комплекс исследований по определению количественного и качественного анализа проб из природных золотосодержащих гранат-магнетитовых шлихов, формирующихся на поверхности пляжа Юго-Западной Камчатки, свидетельствует о том, что многочисленные образования этого типа могут быть использованы в качестве дополнительных источников при разработке золотосодержащих песков на пляже и шельфе. Из них возможно извлечение не только драгоценного металла, но и титаномагнетита, ильменита, граната, содержание которых в шлихах достигает весовых значений (16,3–39,4%; 7–13,1%; 1,7–7,7% соответственно). Наиболее обогащены полезными компонентами участки пляжа неполного профиля на абразионном участке берега, особенно поверхностный гранат-магнетитовый шлик, мощность которого более 5 см (L-10, L-40, ZP-2). Содержание золота в нем составляет более 100 мг/м³. В этих шлихах обнаружены повышенные количества ванадия и более трети от количества всех минералов составляет титаномагнетит.

В дальнейшем при исследовании обогащенности технологических проб по извлечению золота из металлоносных осадков следует учитывать возможности одновременного с ним извлечения из поверхностных шлихов титаномагнетита, граната, ильменита.

Список литературы

1. Патык-Кара Н.Г. Минерация россыпей: типы россыпных провинций / Н.Г. Патык-Кара. – М.: Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук, 2008. – 526 с.
2. Лаломов А.В. Россыпи Российской Арктики и перспективы их отработки / А.В. Лаломов // Минералогия. – 2017. – № 2. – С. 30–42.
3. Garnett R.H.T., Basset N.G. Placer Deposits // *Economic Geology*. – 2005. No 100th Anniversary Volume, pp. 813–843.
4. Lalomov A., Grigorieva A. Development of technology of micropaleofacial analysis for optimization of geological exploration on Ti-Zr placer deposits / 18-th International Sedimentological Congress. Mendoza, Argentina, 2010. pp. 523.
5. Patyk-Kara N., Ivanova A. Placer minerageny of the North-Western Pacific continental margin / *Proceedings of the INTERIM IAGOD Conference*. September 1–20. Vladivostok, Dalnauka, 2004, pp. 701–703.
6. Быховский Л.З., Спорыкина Л.В. Россыпные месторождения в сырьевой базе и добыче полезных ископаемых / Л.З. Быховский // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2013. – № 6. – С. 6–17.
7. Лаломов А.В., Таболич С.Э. Локальные геолого-динамические факторы формирования комплексных прибрежно-морских россыпей тяжелых металлов / А.В. Лаломов. – М.: ГЕОС, 2013. – 224 с.
8. Бондаренко И.В., Хитров В.В. и др. Отчет Камчатской партии о результатах общепойсковых и детально-поисковых работ на россыпи шельфа южной части западного побережья Камчатки за 1976–1978 гг. Петропавловск-Камчатский: Фонды ВГФ, ТГФ, ПТГУ, 1979. В 2-х кн.: 140 + 256 с.
9. Наумов Ю.А. Условия формирования прибрежно-морских россыпей Юго-Западной Камчатки / Ю.А. Наумов. – Находка: НОУ ВПО Институт технологии и бизнеса, 2012. – 116 с.
10. Кунгурова В.Е. Перспективы освоения прибрежно-морских золотосодержащих россыпей западного побережья Камчатки / В.Е. Кунгурова // Горно-информационный аналитический бюллетень. Камчатка. Специальный выпуск. – М.: Изд-во «Горная книга». – 2014. – № ОВ 2. – С. 317–323.
11. Кунгурова В.Е., Степанов В.А. Некоторые типоморфные особенности золота прибрежно-морских пляжевых россыпей юго-западной Камчатки / В.Е. Кунгурова // *Вестник Камчатской региональной ассоциации*. – 2010. – № 2 (16). – С. 35–43.
12. Manual No. ME11559A02. Cat. No. 2036E101/102/201/202/301/302. Theta-Theta Type X-ray Diffractometer Ultima IV. Instruction Manual. Tokyo. BOEKI LTD. 2012. 77 p.
13. Data base PDXL-2. Version 2.2.10. URL: https://www.rigaku.com/downloads/journal/RJ28-1/RJ28-1_29-30s.pdf (дата обращения: 06.03.2018).
14. Data base PDF-2 Release 2012. Software version: 4.12.3.3. Database version: 2.1202. URL: <https://www.red-books.ibm.com> (дата обращения: 06.03.2018).
15. Волков А.В. Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований / Ф.В. Волков, Т.М. Злобина [и др.] // *Геология рудных месторождений*. – 2010. – № 6. – С. 572–576.

References

1. Patyk-Kara N.G. Minerageniia rossypei: tipy rossypnykh provintsii [Minerageny of placers: types of placer bearing provinces]. Moscow, Institut geologii rudnykh mestorozhdenii, petrografii, mineralogii i geokhimii Rossiiskoi akademii nauk, 2008, 526.
2. Lalomov A.V. Placer deposits of the Russian Arctic and ways of development [Rossypi Rossiiskoi Arktiki i perspektivy ikh otrabotki]. *Mineralogiia – Mineralogy*, 2017, no. 2, pp. 30–42.
3. Garnett R.H.T., Basset N.G. Placer Deposits. *Economic Geology*, 2005, no. 100, pp. 813–843.
4. Lalomov A., Grigorieva A. Development of technology of micropaleofacial analysis for optimization of geological exploration on Ti-Zr placer deposits. *Proceedings of the 18-th International Sedimentological Congress (Mendoza, September 26 – October 1, 2010), Argentina, 2010*, pp. 523.
5. Patyk-Kara N., Ivanova A. Placer minerageny of the North-Western Pacific continental margin. *Proceedings of the INTERIM IAGOD Conference (Vladivostok, September 1–20, 2004), Vladivostok, Dalnauka, 2004*, pp. 701–703.
6. Bykhovskii L.Z., Sporykina L.V. Placer deposits in the resource base and production of minerals [Rossypnye mestorozhdeniia v syr'evoi baze i dobyche poleznykh iskopaymykh]. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie – Mineral resources of Russia. Economics and management*, 2013, no. 6, pp. 6–17.
7. Lalomov A.V., Tabolich S.E. Lokal'nye geologo-dinamicheskie faktory formirovaniia kompleksnykh pribrezhno-morskikh rossypei tiazhelykh metallov [Local geological and dynamic factors of formation of integrated coastal-marine alluvial deposits of heavy metals]. Moscow, GEOS, 2013, 224.
8. Bondarenko I.V., Khitrov V.V. and others. The report of the Kamchatka Party on the results of general prospecting and detailed prospecting works on placers of the shelf of the southern part of the western coast of Kamchatka for the years 1976–1978. *Petropavlovsk-Kamchatsky: Funds VGF, THF, PTSU. 1979*. In two books: 140 + 256 with.

9. Naumov Iu.A. Usloviia formirovaniia pribrezhno-morskikh rossypei Iugo-Zapadnoi Kamchatki [Conditions for the formation of coastal marine placers in South-Western Kamchatka]. Nachodka, NOU VPO Institut tekhnologii i biznesa, 2012, 116.
10. Kungurova V.E. Prospects for development of coastal-marine gold-bearing placers of the western coast of Kamchatka [Perspektivy osvoeniia pribrezhno-morskikh zolotonosnykh rossypei zapadnogo poberezh'ia Kamchatki]. Gorno-informat-sionnyi analiticheskii biulleten'. Kamchatka. Spetsial'nyi vypusk. – Mining Information Analytical Bulletin. Kamchatka. Special issue., 2014, no. 2, pp. 317–323.
11. Kungurova V.E., Stepanov V.A. Some typomorphic features of gold in coastal-marine beach placers in southwestern Kamchatka [Nekotorye tipomorfnye osobennosti zolota pribrezhno-morskikh pliazhevykh rossypei iugo-zapadnoi Kamchatki]. Vestnik Kamchatskoi regional'noi assotsiatsii. 2010, no. 2, pp. 35–43.
12. Manual No. ME11559A02. Cat. No. 2036E101/102/201/202/301/302. Theta-Theta Type X-ray Diffractometer Ultima IV. Instruction Manual. Tokyo. BOEKI LTD. 2012. 77 p.
13. Data base PDXL-2. Version 2.2.10. URL: https://www.rigaku.com/downloads/journal/RJ28-1/RJ28-1_29-30s.pdf (date of the application 06.03.2018).
14. Data base PDF-2 Release 2012. Software version: 4.12.3.3. Database version: 2.1202. URL: <https://www.red-books.ibm.com> (date of the application: 06.03.2018).
15. Volkov A.V., Zlobina T.M. Native gold: typomorphism of mineral associations, conditions for the formation of deposits, tasks of applied research [Samorodnoe zoloto: tipomorfizm mineral'nykh assotsiatsii, usloviia obrazovaniia mestorozhdenii, zadachi prikladnykh issledovaniia]. Geologiya rudnykh mestorozhdenii – Geology of ore deposits, 2010, no. 6, pp. 572–576.