

УДК 553.3.071/072+553.556+553.32

## МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ОФИОЛИТОВ П-ОВА КАМЧАТСКИЙ МЫС

*Д.П. Савельев<sup>1</sup>, Р.М. Новаков<sup>2</sup>, О.Л. Савельева<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,*

*Петропавловск-Камчатский, 683006, e-mail: [savelyev@kscnet.ru](mailto:savelyev@kscnet.ru)*

<sup>2</sup>*Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН,*

*Петропавловск-Камчатский; e-mail: [brom6@mail.ru](mailto:brom6@mail.ru)*

В докладе приведен обзор пунктов минерализации, выявленных авторами при проведении геолого-съёмочных и научно-исследовательских работ в южной части п-ова Камчатский Мыс, также приведены новые данные по известным ранее проявлениям и пунктам минерализации. Находки связаны в основном с породами офиолитового комплекса – мантийными перидотитами, вулканитами, осадочными образованиями. Наиболее интересными и перспективными в минерагеническом плане являются совместные находки самородных платины и золота в оливиновых вебстеритах, золота, палладия и платины в пикритах, платиноидов в россыпи золота, а также высокие содержания золота и платины в углеродистых породах смагинской свиты.

### **Введение**

В южной части п-ова Камчатский Мыс выделен Африканский тектонический блок (названный по мысу Африка – наиболее восточной точке полуострова), в пределах которого широко развиты образования офиолитового комплекса – мантийные перидотиты, габброиды, вулканиты различных геохимических типов – от MORB до OIB, пелагические осадочные образования. Вопросы происхождения отдельных частей комплекса не решены до сих пор, несмотря на детальные работы многих исследователей за последние 40 лет [1-17]. Одним из таких актуальных вопросов является минерагенический потенциал офиолитового комплекса в целом. После проведения в 1993-94 гг. площадной геологической съёмки (в рамках ГДП-200), по результатам которой опубликованы геологическая карта второго поколения [3], карта полезных ископаемых [5] и объяснительная записка к карте [4], прошло более 20 лет, с тех пор в пределах Африканского блока сделаны новые находки различных полезных ископаемых, в том числе благодаря полевым работам авторов данного доклада. Наиболее интересные из этих находок мы и хотим представить в своей работе.

Геологическое строение южной части п-ова Камчатский Мыс определяется формированием этого блока как аккреционной структуры Кроноцкой палеодуги [17]. Здесь развиты в основном образования мелового офиолитового комплекса и вулканогенно-осадочные породы также мелового возраста (смагинская и пикежская свиты) [3] (рис. 1). Недавно получены новые данные, свидетельствующие о палеоценовом возрасте пикежской свиты [14]. В небольшом объеме присутствуют миоценовые терригенные образования горбушинской толщи. Меловые и палеогеновые породы несогласно перекрыты морскими образованиями ольховской

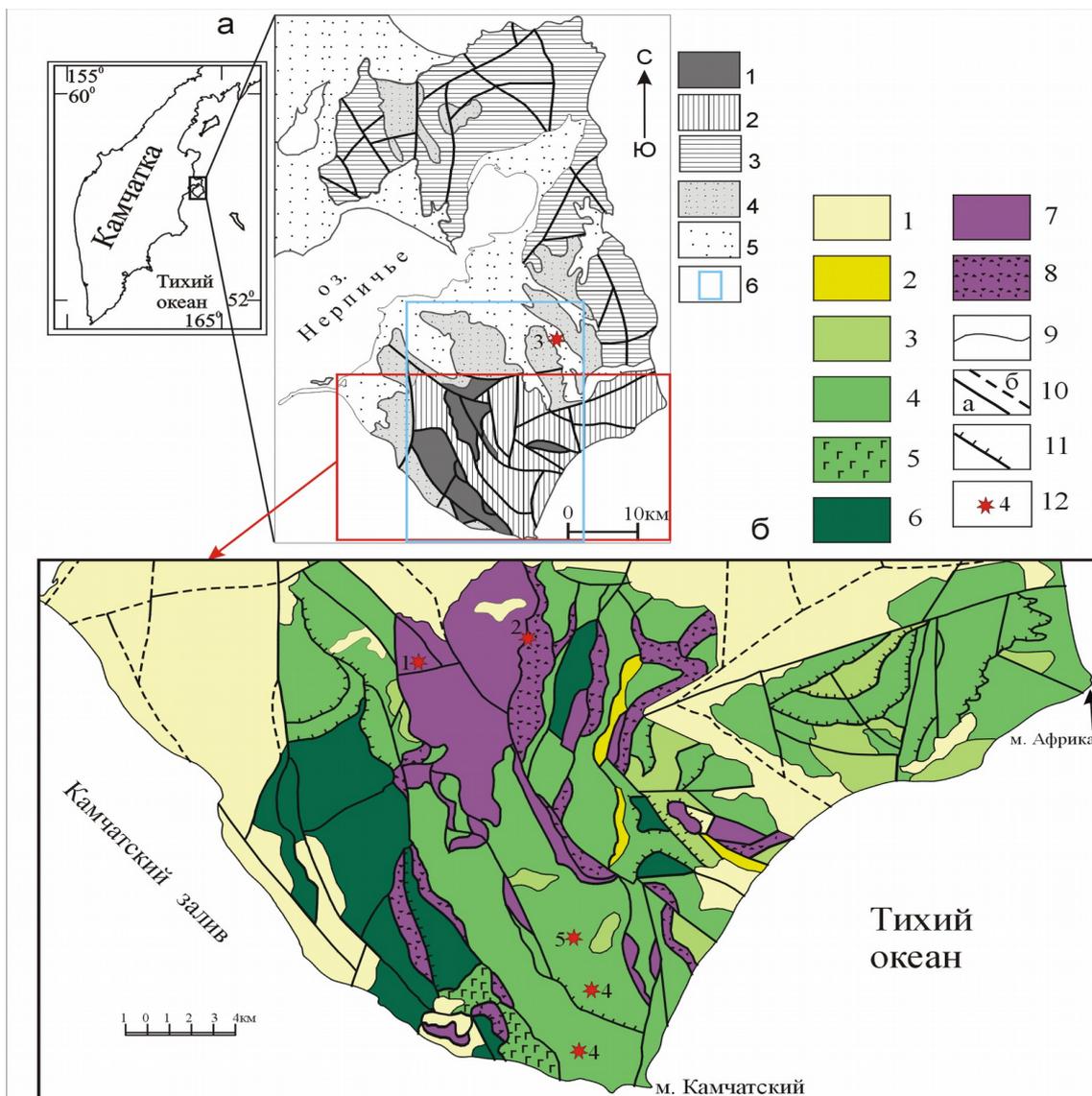


Рисунок 1. Тектоническая схема п-ова Камчатский Мыс (а) и схема геологического строения Африканского блока (б) (по М.Е. Бояриновой, 2007 [3]).

На тектонической схеме (а): 1 - меловые габбро, гипербазиты и серпентинитовый меланж; 2 - меловые образования смагинской и пикежской свит; 3 - мел-палеогеновые образования сотлбовской серии; 4 - плиоцен-эоплейстоценовые образования ольховской свиты; 5 - рыхлые четвертичные образования различного генезиса; 6 - контуры фрагмента Карты полезных ископаемых [5], показанного на рис. 2.

На схеме геологического строения (б): 1- плиоцен-четвертичные отложения; 2 - миоценовые отложения горбушинской толщи; 3 - турон-кампанские отложения пикежской свиты; 4 - альб-сеноманские отложения смагинской свиты; 5 - тектоническая пластина базальтов, отнесенная к нижней части смагинской свиты; 6 - 7 - образования раннемелового африканского комплекса: 6 - габброиды и комплекс параллельных даек долеритов, 7 - гипербазиты; 8 - зоны серпентинитового меланжа с блоками метаморфических пород; 9 - геологические границы; 10 - разломы установленные (а) и скрытые под рыхлыми отложениями (б) недифференцированные; 11 - надвиги; 12 - пункты минерализации и проявления полезных ископаемых, описанные в тексте.

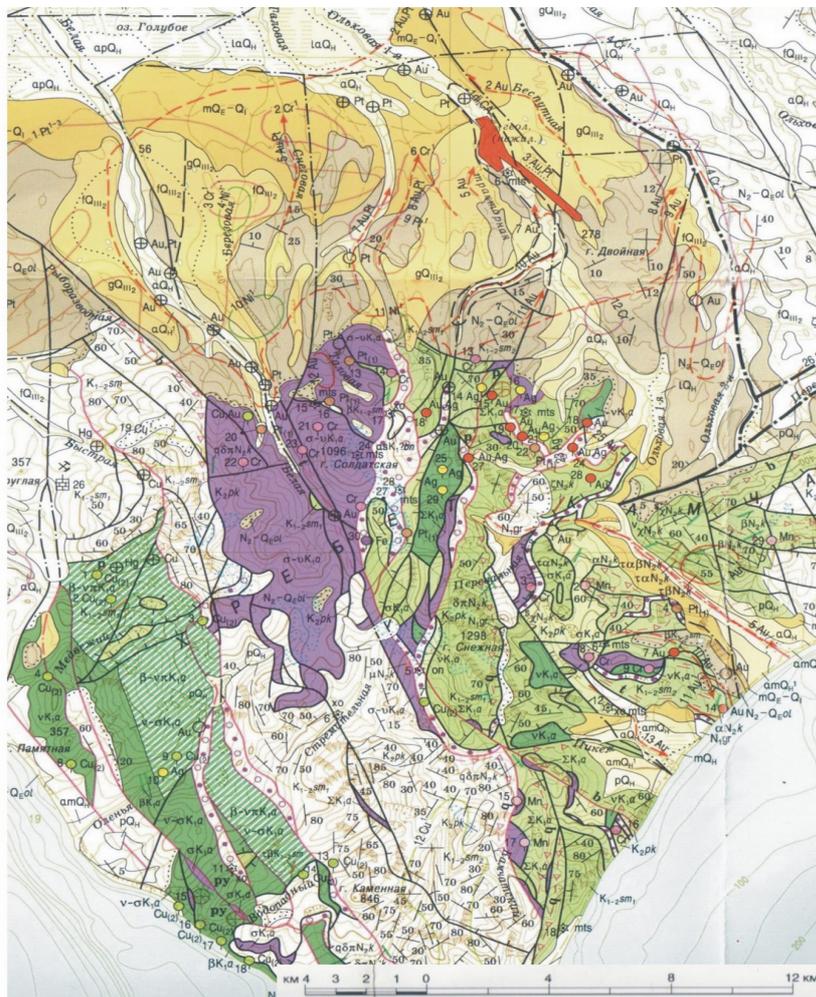
свиты плиоцен-эоплейстоценового возраста. В долинах рек и на морском берегу развиты рыхлые четвертичные образования различного генезиса. Ультраосновные породы, габброиды и дайки долеритов и базальтов объединены в африканский габбро-перидотитовый комплекс, сопоставляемый с океанической корой [4]. По-видимому, образования смагинской свиты объединяют породы разного возраста и генезиса – альб-сеноманскую ассоциацию палеоокеанических пород (базальты, гиалокластиты, яшмы, известняки – «смагинская ассоциация») и сантон-кампанские породы островодужного склона (кремнистые туффиты, туфосилициты, тефроиды, кремни, туфы, редко – базальты и андезиты – «пикежская ассоциация») [17].

Среди полезных ископаемых Африканского блока, связанных с породами офиолитовой ассоциации, отмечены железо (один пункт минерализации), марганец (одно проявление и несколько пунктов минерализации), хром (два проявления и несколько пунктов минерализации), медь (три рудопроявления и несколько пунктов минерализации, в том числе комплексные – с золотом и серебром), золото и серебро (одно рудопроявление и несколько пунктов минерализации в коренных породах и россыпное месторождение золота с платиноидами), платина (шесть пунктов минерализации в пределах гипербазитового массива) [4, 5] (рис. 2). Кроме того, с породами офиолитовой ассоциации связаны проявления поделочных камней (ксонотлит, мраморный оникс и натриевые метасоматиты) [4, 5].

При проведении петрологических и минералогических исследований нами были детально изучены некоторые из перечисленных выше рудопроявлений и пунктов минерализации и выявлены новые пункты с сульфидной, золото-платиновой и марганцевой минерализацией (рис. 1).

**Оливиновые вебстериты с золото-платиноидно-медно-никелевой минерализацией** (№ 1 на рис. 1). При проведении ГДП-200 на левом борту р. Белой Р.М. Новаковым были найдены оливиновые вебстериты с выделениями самородной меди (пункт минерализации IV-4-20 по [4, 5]), в пробах было установлено до 0,148 г/т золота и 0,625 г/т платиноидов [4]. Детальные минералогические исследования кроме самородной меди выявили в породе сингенетичные медно-никелевые фазы сульфидов, а также выделения самородного золота, твердых растворов Cu-Pt, сложной фазы с теллуrom, висмутом и палладием [6].

**Пикриты с сульфидными глобулями и микровыделениями Au-Ag-Pd-Pt** (№ 2 на рис. 1). В зоне меланжа, обрамляющего с востока перидотитовый массив г. Солдатской, Д.П. Савельевым найдены плагиоклазовые пикриты, содержащие сульфидные глобули размером до 0,3 мм [9]. При изучении сульфидов на сканирующем электронном микроскопе в них установлены микровключения Au, Au+Ag, Pd<sub>2</sub>Sn, Pt, а также комплексные включения, содержащие перечисленные элементы и соединения, иногда с примесью As [12]. При исследовании сульфидов методом LA-ICP-MS определены содержания ЭПГ (элементов платиновой группы), Au, Ag и ряда халькофильных элементов в различных фазах сульфидных выделений [21]. Халькопиритовая фаза обогащена Ag, Zn, Cd, In, Sn и Te. Низкомедистые фазы обогащены Re, Os, Ir, Rh. Аномальные содержания Pt, Pd и Au (обусловленные самородными и интерметаллидными микровыделениями) встречаются в различных сульфидных фазах. Из этого



ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

В и д	Месторождения			Проявления	Пункты минерализации	Генетические типы
	Крупные	Средние	Малые			
Железо					● Fe	Собственно магматический
Марганец				● Mn	● Mn	Вулканогенно-осадочный
Хром				● Cr	● Cr	Собственно магматический
Медь					● Cu <sub>(1)</sub>	Колчеданный
Медь, серебро, золото					● Cu, Ag, Au	
Медь				● Cu <sub>(2)</sub>	● Cu <sub>(2)</sub>	Гидротермальный
Медь, золото					● Cu, Au	Собственно магматический
Золото					● Au	Гидротермальный
Золото, серебро				● Au, Ag	● Au, Ag	
Золото с платиноидами непромышленные россыпи			● Au, Pt			Осадочный
Серебро					● Ag	Гидротермальный
Платина					● Pt <sub>(1)</sub>	Собственно магматический
					● Pt <sub>(2)</sub>	
Поделочные камни Ксонолит (xo), метасоматиты (mts), мраморный оникс (on)				⊕ xo		Гидротермальный, метасоматический, гидротермальный

Рисунок 2. Фрагмент карты полезных ископаемых Листа 0-58-XXVI, XXXI, XXXII [5].

можно сделать вывод, что выделение самородной фазы благородных металлов происходило при остывании расплава после отделения сульфидной жидкости от силикатной, но до ее распада на отдельные фазы [21].

**Россыпное месторождение золота на р. Ольховой** (№ 3 на рис. 1) было открыто партией М.Ю. Хотина при проведении геологической съемки в 60-х годах 20-го века [16]. Наряду с золотом в составе тяжелой фракции отмечены минералы платиновой группы. Минералогические исследования, проведенные Е.Г. Сидоровым с соавторами, показали, что источником ЭПГ и одним из источников золота в этой россыпи являются породы офиолитового комплекса [13, 22]. Среди платиноидов преобладают сплавы Os-Ir-Ru, присутствуют также сплавы Pt-Fe, самородная платина, сульфиды и арсениды Os, Ru, Ir, а также многокомпонентные соединения Ru, Os, Ir, Rh, Pt [22]. Из двух типов золота, присутствующих в россыпи, генезис медистого золота связан с пироксен-гранатовыми родингитами, т.е. породами из обрамления перидотитового массива [13]. Связь золота с офиолитами подтверждается комплексностью (Au+Pt) шлихового ореола и некоторых шлиховых потоков к северу от перидотитового массива [4, 5].

**Углеродистые породы с ЭПГ и золотом** (№ 4 на рис. 1). В составе смагинской свиты среди пелагических известняков и яшм Д.П. Савельевым и А.В. Ландером найдены породы, обогащенные органическим веществом [10]. Углеродистые породы по сравнению с вмещающими карбонатно-кремнистыми породами в 50-500 раз обогащены Ba, Ni, Zn, As, V, Mo и содержат аномально высокие содержания ЭПГ и Re, определенные методом изотопного разбавления с масс-спектрометрическим окончанием, содержание платины в золе одного из прослоев достигает 2 г/т [20]. Нейтронно-активационным анализом выявлены высокие содержания золота в этих породах (до 0,8 г/т в золе одного из прослоев) [7]. Структура и состав вмещающих пород исключают гидротермальный привнос элементов. Источником ЭПГ, золота и других металлов могли быть морская вода и синхронный осадконакоплению вулканизм. Накопление рудных элементов в углеродистых прослоях связано с аноксическими условиями во время седиментогенеза [20]. Золото и платина в углеродистых породах, возможно, связаны в металлорганические комплексы, поскольку при минералогических исследованиях пород на сканирующем микроскопе не удалось выявить выделений самородных металлов или их сульфидов.

**Марганцевые руды** (№ 5 на рис. 1). В пределах Африканского блока на карте полезных ископаемых [5] показано одно проявление и три пункта минерализации марганцевых руд. Руды представлены окислами марганца и связаны с тектонизированными карбонатно-кремнистыми пачками смагинской свиты [4]. При петрологических и стратиграфических исследованиях выявлено еще несколько пунктов марганцевой минерализации (рис. 1). Установлено два типа руд:

- богатые руды гидротермального генезиса, с содержанием окиси марганца до 70%,

- стратифицированные прослои аргиллитов-алевролитов 1-3 м мощности, обогащенные железом и марганцем (18-20% FeO, 3-5% MnO), по содержанию примесных компонентов соответствующие древним и современным металлоносным осадкам [11].

Проявления и пункты минерализации, связанные с породами офиолитовой ассоциации в настоящее время в основном представляют минералогический и научный интерес. Вместе с тем, дальнейшие исследования дают понимание процессов концентрации полезных компонентов и повышают перспективу открытия новых проявлений полезных ископаемых в южной части п-ова Камчатский Мыс. При этом наибольший интерес представляют собой находки золота и минералов платиновой группы, связанных с сингенетичной сульфидной минерализацией в гипербазитах и вулканитах. Минерагеническая специализация офиолитового комплекса связана с составом глубинных источников вещества при его формировании. Важную роль могла играть связь его происхождения с деятельностью Гавайского мантийного плюма в меловой период [1, 8, 18, 19], поскольку в источниках вещества мантийного плюма может присутствовать материал земного ядра, обогащенный золотом и платиноидами.

Авторы благодарны Е.Г. Сидорову (ИВиС ДВО РАН) за ценные замечания при работе над материалом.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-05-00546 и программы «Дальний Восток», проект №15-И-2-045.

#### Список литературы

1. Батанова В.Г., Лясковская З.Е., Савельева Г.Н., Соболев А.В. Перидотиты п-ова Камчатский Мыс: свидетельство плавления океанической мантии вблизи горячей точки // Геология и геофизика. 2014. Т. 55. № 12. С. 1748-1758.
2. Бахтеев М.К., Морозов О.А., Тихомирова Р.Р., Свердлов В.С. Структурно-вещественные комплексы, тектоника и история развития Восточной Камчатки (Отчет по хоздоговорной теме № 214 за 1989-1991 гг.) в 3-х книгах. Камчатский филиал ТФГИ. 1995 г.
3. Бояринова М.Е. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Восточно-Камчатская. Лист 0-58-XXVI, XXXI, XXXII (Усть-Камчатск). СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2007.
4. Бояринова М.Е., Вешняков Н.А., Коркин А.Г., Савельев Д.П. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Восточно-Камчатская. Лист 0-58-XXVI, XXXI, XXXII (Усть-Камчатск). Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2007. 226 с. + 2 вкл.
5. Вешняков Н.А., Бояринова М.Е. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Восточно-Камчатская. Карта полезных

- ископаемых и закономерностей их размещения. Лист 0-58-XXVI, XXXI, XXXII (Усть-Камчатск). СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2007.
6. *Новаков Р.М., Иванов В.В., Трухин Ю.П.* Находка золото-платиноидно-медно-никелевой минерализации в оливиновых вебстеритах п-ова Камчатский Мыс (Восточная Камчатка) // Никеленосные провинции Дальнего Востока: материалы конференции с международным участием, Петропавловск-Камчатский, 10-12 октября 2012 г. / Отв. Ре. Ю.П. Трухин. Петропавловск-Камчатский, НИГТЦ ДВО РАН. 2012. С. 47-52.
  7. *Савельева О.Л.* Меловой палеоклимат. Ритмичность осадконакопления и следы аноксических событий в меловых (альб-сеноманских) отложениях Восточной Камчатки. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co, Saarbrucken, Germany, 2011. 156 с.
  8. *Савельев Д.П.* Внутриплитные вулканические образования в составе меловых океанических комплексов Восточной Камчатки. Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. М., 2004. 23 с.
  9. *Савельев Д.П.* Плагиоклазовые пикриты п-ова Камчатский Мыс (Восточная Камчатка) // Вулканонология и сейсмология. 2014. № 4. С. 43-53.
  10. *Савельев Д.П., Ландер А.В., Пронина Н.В., Савельева О.Л.* Первая находка углистых пород в меловых палеоокеанических комплексах Восточной Камчатки // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2007. № 2. (Выпуск 10). С. 102-104.
  11. *Савельев Д.П., Савельева О.Л., Аникин Л.П.* Железомарганцевые образования в палеоокеанических комплексах Восточной Камчатки // VIII Международная конференция «Новые идеи в науках о земле» (Москва, РГГРУ, 10-13 апреля 2007 г.) Доклады. Том 1. М., 2007. С. 308-310.
  12. *Савельев Д.П., Философова Т.М.* Благородные металлы и интерметаллиды в сульфидах из меловых пикритов п-ова Камчатский Мыс // Вулканизм и связанные с ним процессы. XVII ежегодная научная конференция, посвященная Дню Вулканолога. Сборник тезисов докладов. Петропавловск-Камчатский, ИВиС ДВО РАН. 2015. С. 288-290.
  13. *Сидоров Е.Г., Сандимирова Е.И., Чубаров В.М.* и др. Типоморфные особенности золота россыпных проявлений реки Ольховая 1-я (Камчатский Мыс, Восточная Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2013. № 1 (Выпуск 21). С. 45-54.
  14. *Сляднев Б. И., Боровцов А. К., Сидоренко В. И. и др.* Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Корякско-Курильская. Лист О-58 – Усть-Камчатск. Объяснительная записка. – СПб: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. 256 с. + 9 вкл.
  15. *Хотин М.Ю.* Эффузивно-туфово-кремнистая формация Камчатского Мыса. М.: Наука, 1976. (Труды ГИН; Вып. 281). 196 с.
  16. *Хотин М.Ю., Лоншаков Е.А.* и др. Геологическое строение территории листов 0-58-XXXI, XXXII, XXVI. Сводный отчет Усть-Камчатской партии о работах масштаба 1 :

- 200, проведенных в 1964-1967 гг. на территории п-ова Камчатского Мыса и северо-восточной части хр. Кумроч. 1967.
17. Хотин М.Ю., Шапиро М.Н. Офиолиты Камчатского Мыса (Восточная Камчатка): строение, состав, геодинамические условия формирования // Геотектоника. 2006. № 4. С. 61-89.
  18. Portnyagin M., Hoernle K., Savelyev D. Ultra-depleted melts from Kamchatkan ophiolites: Evidence for the interaction of the Hawaiian plume with an oceanic spreading center in the Cretaceous? // Earth and Planetary Science Letters. 2009. Volume 287. Issue 1-2. P. 194-204.
  19. Portnyagin M., Savelyev D., Hoernle K. et al. Mid-Cretaceous Hawaiian tholeiites preserved in Kamchatka. Geology. 2008. V. 36. № 11. P. 903-906.
  20. Savelyeva O., Palesskiy S., Savelyev D. PGE in Carbonaceous Beds in the Cretaceous Carbonate-Siliceous Section of the Kamchatsky Mys Peninsula (Russia) // Goldschmidt Abstracts, 2015. 2779.
  21. Savelyev D., Botcharnikov R., Filosofova T. et al. Platinum Group and Chalcophile Elements in Sulfides from Picrites of Ophiolite Complex from Kamchatsky Mys Peninsula (Kamchatka, Russia) // Goldschmidt Abstracts, 2015. 2778.
  22. Tolstykh N., Sidorov E., Kozlov A. Platinum-group minerals from the Olkhovaya-1 placers related to the Karaginsky ophiolite complex, Kamchatskiy Mys peninsula, Russia // Canadian Mineralogist. 2009. V. 47. P. 1057-1074.