

Геология. Природные ресурсы

УДК 553.491.411.499 (571.66)

Степанов Виталий Алексеевич

Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН

г. Петропавловск-Камчатский, Россия

E-mail: vitstepanov@yandex.ru

Stepanov Vitaly Alekseevich

Geotechnological Research Center of the FEB RAS

Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

E-mail: vitstepanov@yandex.ru

МЕСТОРОЖДЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ И РТУТИ КАМЧАТКИ

DEPOSITS OF PRECIOUS METALS AND MERCURY OF KAMCHATKA

Аннотация. Приведены закономерности размещения и особенности геологического строения месторождений и россыпей платины, золота и ртути Камчатки, элементов – следующих друг за другом в таблице Д.И. Менделеева. Рассмотрены особенности изотопного состава этих элементов. Показаны условия локализации, геологический и изотопный возраст формирования платинового, золотого и ртутного оруденения.

Abstract. The regularities of the placement and features of the geological structure of deposits and placers of platinum, gold and mercury of Kamchatka, elements following each other in the table of D.I. Mendeleev are given. The features of the isotopic composition of these elements are considered. Localization conditions, geological and isotopic age of formation of platinum, gold and mercury mineralization are shown.

Ключевые слова: платина, золото, ртуть, месторождение, россыпь, рудная формация.

Key words: platinum, gold, mercury, deposit, placer, ore formation.

DOI: 10.22250/20730268_2023_103_88

Введение

Камчатка является комплексной платино-золото-ртутной провинцией. В ее пределах широко распространены рудные и россыпные месторождения платины, золота и ртути, элементов №78,79 и 80 в таблице химических элементов Д.И. Менделеева. Два из них, платина и золото, относятся к группе благородных металлов. Ртуть, завершающая эту триаду «тяжелых» элементов, по ряду свойств напоминает благородные металлы. И, если бы не интенсивные процессы ее испарения в природных условиях, самородной ртути в земной коре было бы не меньше, чем платины и золота [12].

Несмотря на соседство в таблице Д.И. Менделеева, свойства рассматриваемых химических элементов различаются из-за конфигурации валентных электронных атомов. Каждый последующий элемент имеет на один протон больше в ядре и, соответственно, дополнительный электрон на внешней s-орбитали. Четные элементы платина и ртуть состоят, соответственно, из 6 и 7 изотопов, некото-

рые слабо радиоактивны. Из них определенный интерес представляют изотоп платины – ^{198}Pt , содержание которого в природной платине достигает 7,163%, а также изотоп ртути – ^{197}Hg , количество которого в природной ртути невелико (0,1%) [1]. Они нестабильны: ^{198}Pt превращается по реакции двойного бета-распада в стабильный изотоп ^{198}Hg [13], а изотоп ^{197}Hg ввиду электронного захвата переходит в стабильный изотоп ^{197}Au . Переход изотопа ртути в стабильный изотоп золота происходит с периодами полураспада в 24 и 65 час. [7]. Это свидетельствует о природном явлении небольшого, но постоянного перехода одного из нестабильных изотопов ртути в стабильный изотоп золота. Кроме того, один из нестабильных изотопов платины превращается в стабильный изотоп ртути. В отличие от платины и ртути золото в природных условиях состоит из одного стабильного изотопа (^{197}Au).

Рудные и россыпные месторождения платины, золота и ртути

На Камчатке значительно распространены рудные и россыпные месторождения платины, золота и ртути. Отметим, что платина находится преимущественно в россыпях, золото – как в россыпях, так и в рудных месторождениях, а ртуть встречается только в рудных месторождениях (рис. 1).

Россыпи платины

Россыпи платины известны на севере Камчатки и сосредоточены на площади Сейнав-Гальмознанского и Эпильчикского россыпных узлов [10, 4]. В первом из них сосредоточены десять россыпей – две крупные по запасам, остальные средние и мелкие. Сейнав-Гальмознанский узел уникален по запасам и ресурсам россыпной платины. В нем располагаются аллювиальные и делювиальные россыпи платиновых минералов. Россыпи берут начало с массивов дунит-клинопироксенит-габбрового состава, обладающих зональным строением. Возраст их определен как позднемеловой. Из платиноидов главную ценность в россыпях представляет преобладающая (97,5%) изоферроплатина (Pt_3Fe). При проведении детальных работ по поискам рудных месторождений платиновых металлов на площади Гальмознанского массива особое внимание обращалось на выделение крупнообъемных рудных тел с низкими содержаниями платиноидов [2, 11]. Установлено, что для концентрации платинометаллических руд перспективны поля развития средне- и крупнокристаллических порфирокластических дунитов с вкрапленностью хромшпинелидов.

Содержания платины в этих породах колеблются от 0,7 до 3,5 г/т, иногда достигая ураганных содержаний в 380 г/т. Другие элементы платиновой группы присутствуют в незначительных количествах. Из минералов ЭПГ в исследуемом массиве отмечаются главным образом изоферроплатина, тетраферроплатина и туламинит, т.е. те же минералы элементов группы платины, которые преобладают в россыпях.

Россыпепроявления платины обнаружены в пределах Эпильчикского узла. Происхождение их связано, как и в предыдущем узле, с зональными базит-ультрабазитовыми интрузиями позднего мела. В шлиховых концентратах из россыпепроявлений преобладает изоферроплатина. Кроме того, россыпепроявления выявлены на площади Северо-Камчатского участка, южнее Сейнав-Гальмознанского россыпного узла. В них наблюдаются как платиноиды, так и самородное золото. Набор минералов платиновой группы иной. Он состоит преимущественно из самородной платины с примесью изоферроплатины и железистой платины. Появление другого набора платиновых минералов в россыпепроявлениях объясняется эрозией слабо эродированных ультрабазитовых интрузий [4].

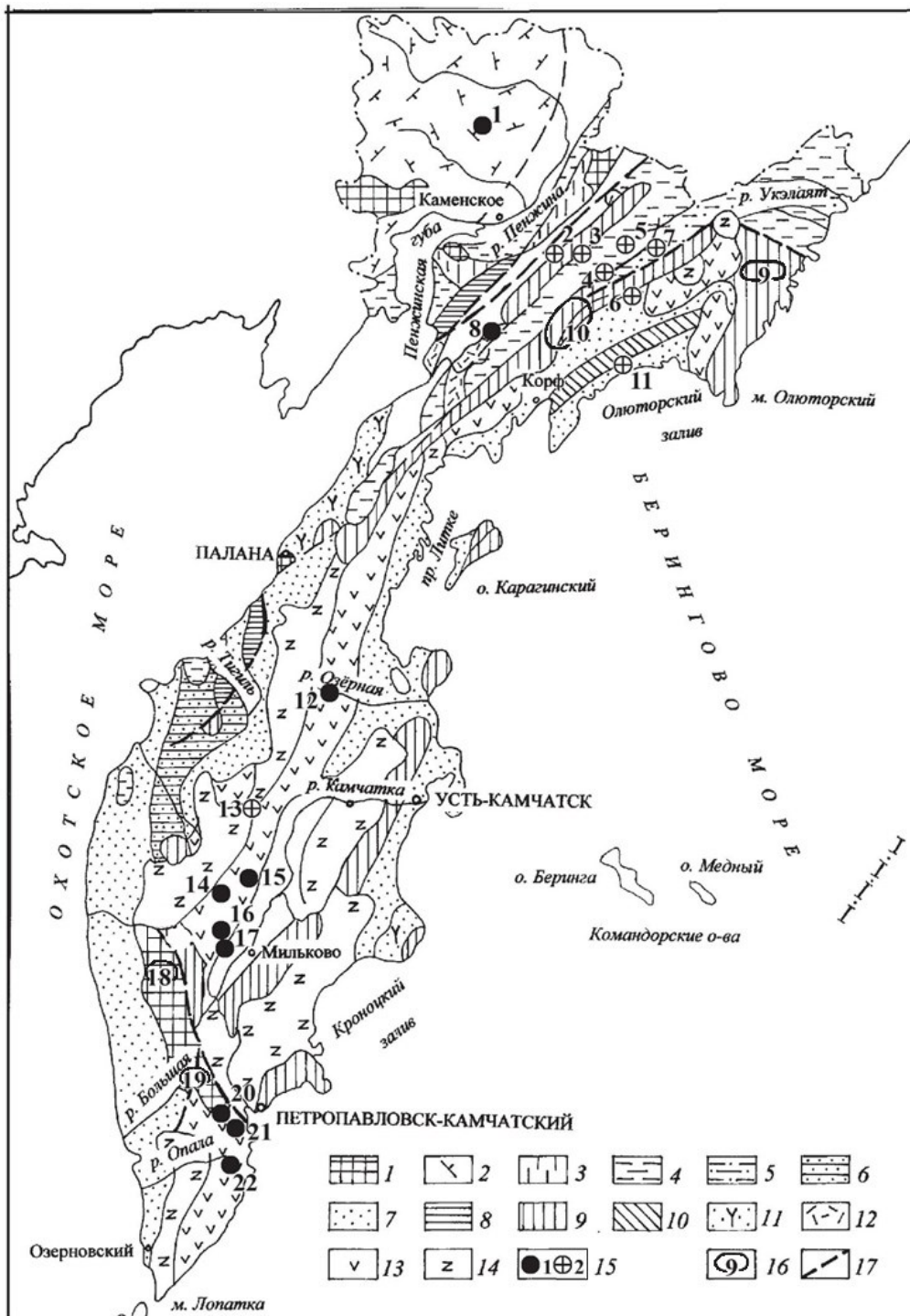


Рис. 1. Геологическое строение и рудоносность Камчатки по [5]:

1 – докембрийские и палеозойские комплексы; 2 – вулканиты мелового возраста; 3 – 7 терригенные комплексы: 3 – нижнемеловые, 4 – верхнемеловые, 5 – верхнемеловые-палеогеновые, 6 – палеогеновые, 7 – олигоцен-миоценовые; 8-11 – подводно-вулканогенные комплексы: 8 – нижнемеловые, 9 – верхнемеловые, 10 – палеогеновые, 11 – олигоцен-нижнемиоценовые; 12-14 – наземные вулканиты: 12 – олигоцен-нижнемиоценовые риолит-дацитовые, 13 – неогеновые андезитовые, 14 – четвертичные базальтовые; 15 – рудные месторождения: 1 – золота (1 – Сергеевское, 8 – Аметистовое, 12 – Озерновское, 14 – Агинское, 15 – Сухариковские Гребни, 16 – Бараньевское, 17 – Золотое, 20 – Родниковое, 21 – Мутновское, 22 – Асачинское), 2 – ртути (2 – Ясное, 3 – Озерное, 4 – Ляпнагайское, 5 – Нептун, 6 – Тавена, 7 – Красная Горка, 11 – Олюторское, 13 – Чемпуринское), 16 – платино-россыпные (9 – Эпильчикский, 10 – Сейнав-Гальмознанский) и золото-россыпные (18 – Крутогоровский, 19 – Порожисто-Гольцовский) узлы; 17 – разрывные нарушения.

Золоторудные месторождения

На Камчатке разведаны десятки золоторудных месторождений, отнесенных к вулканогенной золотосеребряной формации [10]. Размещение золоторудных месторождений контролируется структурами Центрально-Камчатского вулканического пояса. Пояс протягивается в меридиональном направлении вдоль осевой зоны Камчатки. В его пределах расположены верхнемеловые и кайнозойские вулканоплутонические комплексы. В их составе выделяются олигоцен-миоценовая (андезитовая) и миоцен-плиоценовые (андезит-дацитовая и риолит-дацитовая) формации.

Золотосеребряные месторождения протягиваются в виде цепочки в полосе меридионального направления через всю Камчатку. В северной ее части находятся Сергеевское и Аметистовое месторождения. В центральной части полуострова их сменяют Озерновское, Агинское, Сухариковские Гребни, Бараньевское и Золотое месторождения. В южной части Камчатки находятся Родниковое, Мутновское и Асачинское месторождения.

Золотосеребряное оруденение ассоциирует с интрузивными и дайковыми комплексами пород кислого и умеренно кислого состава, находящихся в пределах вулканоструктур центрального типа. Рудные тела контролируются радиальными и кольцевыми разрывными нарушениями этих структур и представлены кварцевыми, карбонат-кварцевыми и адуляр-кварцевыми жилами, а также зонами окварцевания или прожилково-вкрапленной минерализации. На контактах рудных тел с вулканитами наблюдаются зоны пропилитизации, аргиллизации и окварцевания, вплоть до появления вторичных кварцитов. Содержания золота от рядовых (1-10 г/т) до высоких (десятки граммов на тонну) и бонанцевых, а серебра обычно на порядок выше.

Текстуры руд характерны для близповерхностных золотосеребряных месторождений разных провинций и возрастов. Часто в рудах наблюдается сочетание колломорфно-полосчатых, кокардовых, крустификационных и других структур. Для примера сложных текстур руд золотосеребряных месторождений приведен рис. 2 – руды месторождения «Кубака», находящегося в Омолонской золотосеребряной провинции.



Рис. 2. Текстуры адуляр-кварцевых руд Кубакинского золотосеребряного месторождения, меняющиеся от полосчатой и кокардовой до сферолитовой. Зарисовки штуфа.

Руды убогосульфидные, основным рудным минералом является тонковкрапленное золото. Не-рудные минералы представлены кварцем, халцедоном, адуляром и карбонатами. Основные рудные минералы – самородное золото и электрум, реже встречаются теллуриды золота и серебра, сульфиды и сульфосоли свинца, цинка и меди, а также реальгар, аурипигмент и киноварь.

Золото в рудах золотосеребряных месторождений Камчатки свободное, от мелкого до тонкого и тонкодисперсного. Проба его меняется в широких пределах – от высокой до низкой и электрума. Наиболее постоянными примесями являются серебро (0-60%) и ртуть (0-20%). Нередко в рудах Оганчинского, Бараньевского, Апапель, Агличика, Озерновского, Агинского месторождений находятся минералы ртути – киноварь и метациннабарит. Высокие содержания ртути фиксируются на месторождении «Сергеевское» [14]. Оно является комплексным – золото-серебряно-ртутным.

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -методом проанализирован изотопный возраст основных золотосеребряных месторождений Камчатской провинции [8]. Установлено, что он меняется от эоцена до плейстоцена. Наиболее древним является месторождение «Аметистовое» (41,4-38,3 млн. лет), а наиболее молодыми – «Родниковое» (0,9-1,1 млн. лет) и «Мутновское» (0,7-3,3 млн. лет). Наблюдается определенная последовательность формирования месторождений с севера на юг. Наиболее древнее из них находится на севере Камчатки, а наиболее молодые – на юге.

Россыпи золота

Россыпные месторождения расположены, главным образом, в южной части Камчатки, в пределах Камчатского срединного массива. Они образуют два рудно-россыпных узла – Крутогоровский и Порожисто-Гольцовский. Россыпи этих узлов сформированы за счет оруденения золотокварцевой и золотосульфидной формации.

На северном фланге срединного массива расположен Крутогоровский россыпной узел. Площадь узла слагают в основном терригенные, так называемые чернсланцевые толщи мелового возраста. Они интродуцированы плагиогранит-гранодиоритовыми массивами кольского комплекса позднемелового возраста, а также гранодиоритовыми интрузиями лавкинского комплекса миоценового возраста [15].

В пределах узла известны небольшие россыпи по рекам Капитанская и Химка, а также по руч. Майор. Золото в россыпях мелкое, проба его находится в пределах 801-804 промилле. Россыпи образованы за счет разрушения мелких проявлений малосульфидной золотокварцевой формации, сложенных кварцевыми, реже карбонат-кварцевыми жилами и зонами окварцевания с вкрапленностью рудных минералов.

На южном фланге Камчатского срединного массива находится Порожисто-Гольцовский россыпной узел. На площади узла развиты кристаллические сланцы и амфиболиты колпаковской, в меньшей мере – камчатской серии докембрия, а также перекрывающие их терригенные образования хейванской свиты мелового возраста. Те и другие интродуцированы крупным гранитоидным массивом кольского комплекса поздне-мелового возраста.

Здесь известно 10 россыпей золота с подсчитанными запасами от десятков (россыпь р. Ажица) до сотен килограммов (россыпи рек Утиная, Ближняя, Средняя и Дальняя Гольцовка). Более 1 т составляют запасы россыпей р. Камешковая и руч. Половинчик. Самородное золото – от мелкого до средней крупности. Окатанность золотин – от средней до значительной. Проба золота колеблется в нешироких пределах (815-848 промилле), в россыпи р. Утиная содержится электрум с пробой 581-664% [15]. Проявления золота, за счет которых образованы россыпи, редки. Это зоны окварцевания, кварцевые и кварц-карбонатные жилы с вкрапленностью сульфидов и золота, а также сульфидизированные дайки гранит-порфирирового состава. Большинство проявлений (Утуй, Гранитное, Гольцовское) отнесено к золотокварцевой, а проявление Утинское – к золото-сульфидно-кварцевой формации.

Рудные месторождения ртути

На северном фланге Камчатского полуострова выделяется Корякско-Камчатская ртутоносная провинция, представленная рядом месторождений и проявлений ртути. Площадь провинции сложена терригенными отложениями мелового возраста, прорванными серией интрузий ультраосновного состава, вытянутых в виде цепочек вдоль региональных разрывных нарушений, в том числе надвигов [5]. Наличие интрузий ультраосновного состава отличает Корякско-Камчатскую провинцию от Колымо-Чукотской, Охотско-Чукотской, Приморской и других ртутных провинций Дальнего Востока. В провинции выделены ртутоносные металлогенические зоны, вытянутые в меридиональном направлении вдоль региональных разрывных нарушений – Таловская, Найвал-Ванетатская, Энычаваямская, Верхне-Пахачинская, Олюторская, Карагинская, Тигильская, Срединно-Камчатская, Северо-Камчатская и Валангинская. Месторождения ртути преимущественно мелкие, реже средние по запасам – Ясное, Озерное, Ляпнагай, Удача, Нептун, Тавена, Красная Горка, Олюторское, Чемпуринское.

В.П. Федорчуком ртутные месторождения Камчатки разделены на два класса гидротермальной группы – вулканогенный и телетермальный [16]. К первому отнесены месторождения, приуроченные к Валангинской, Северо-Камчатской и Центрально-Камчатской металлогеническим зонам. Наиболее типичным является Чемпуринское месторождение ртути. Оно располагается среди туфов и андезитов, прорванных пластовой интрузией диорит-порфиритов плиоценового возраста. Ртутное оруденение приурочено к монокварцитам и кварц-диккитовым породам, располагающимся вдоль контактов интрузии диорит-порфиритов. Среди рудных минералов преобладают киноварь и метациннабарит, реже встречаются пирит, халькопирит, реальгар, аурипигмент и самородное золото. Среднее содержание ртути по месторождению – 0,8%. Примесь золота достигает 1-5 г/т.

Среди ртутных месторождений телетермального класса выделены два типа – преобладающий кварц-диккитовый и лиственитовый. Месторождения кварц-диккитового типа располагаются только среди терригенных песчано-глинистых отложений. Возраст их меняется от позднего мела до олигоцен-миоцена. Месторождения «Озерное», «Ясное», «Удача», «Тавена» и «Ляпнагай» приурочены к позднемеловым породам корякской серии, «Нептун» – к осадкам вальэнской свиты палеоцена, а «Олюторское» – к песчаникам ильпинской серии олигоцен-миоцена. Ртутное оруденение приурочено к зонам дробления.

Рудные тела представлены зонами дробления и брекчирования, состоящими из обломков терригенных пород с кварц-диккитовым, кварц-доломитовым или кварц-карбонатным цементом, кварц-карбонатными жилами, иногда с оторочками из оруденелых брекчий или пластообразными телами минерализованных песчаников с обильной вкрапленностью рудных минералов. Среди рудных минералов превалирует киноварь, часто встречаются метациннабарит и антимонит, реже – реальгар, аурипигмент, иногда самородное золото.

Проявления ртути лиственитового типа развиты в пределах Таловской, Карагинской и Найвал-Ванетатской металлогенических зон. Рудные тела представлены зонами лиственитизации с вкрапленностью рудных минералов, кварцевыми и кварц-карбонатными жилами и прожилками с вкрапленностью рудных минералов; отмечаются монокварцитовые обособления. Рудные минералы – киноварь, реже – метациннабарит, самородная ртуть, пирит, халькопирит и хромит. В проявлении лиственитового типа «Туманное» на о. Карагинский, кроме киновари, самородной ртути, реальгара и аурипигмента, отмечается самородное золото.

Ртутные месторождения и проявления вулканогенного класса генетически связаны с вмещающими оруденение вулканическими породами. Поэтому возраст ртутных месторождений этого класса, в том числе Чемпуринского месторождения, является плиоценовым. Происхождение ртутных ме-

сторождений телетермального класса по определению не связано с вулканическими или магматическими комплексами. Поэтому возраст вмещающих терригенных толщ указывает лишь на нижнюю возрастную границу ртутного оруденения. Она колеблется от позднего мела до олигоцен-миоцена. Отметим, что в отложениях термальных источников Камчатки встречаются минералы ртути, это указывает, что процессы образования ртутной минерализации продолжаются и в настоящее время.

Заключение

Автор приходит к выводу, что на Камчатке преобладают месторождения платины, золота и ртути – «тяжелых» элементов, сменяющих друг друга в периодической системе элементов. Рудная специализация Камчатки зависит не только от физико-химических свойств этой триады элементов, но и в некоторой степени от ядерных превращений радиоактивных изотопов платины и ртути в стабильные изотопы ртути и золота.

Возрастной диапазон рассматриваемых месторождений меняется в широких пределах. В поздне меловое время произошло формирование оруденения золотокварцевой формации, а также платинового оруденения в гипербазитах. Возраст золотосеребряных месторождений, тесно связанных со становлением Центрально-Камчатского вулканического пояса, установлен по изотопным $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -определениям в интервале от эоцена до плейстоцена. Интервал формирования ртутного оруденения, по геологическим данным, оценивается от позднего мела до олигоцен-миоцена, а ртутной минерализации в термальных источниках – до настоящего времени.

-
1. Гладышев, В.П., Левицкая, С.А., Филиппова, Л.М. Аналитическая химия ртути. – М.: Наука, 1974. – 116 с.
 2. Козлов, А.П., Чангурия, В.А. Платиносодержащие дунитовые руды и их обогатимость. – М.: УРАН ИП-КОН РАН, 2009. – 148 с.
 3. Константинов, М.М. Золоторудные провинции мира. – М.: Научный мир, 2006. – 358с.
 4. Корякско-Камчатский регион – новая платиноносная провинция России /под ред. В.П. Зайцева, А.Ф. Литвинова, Э.А. Ланды. – СПб.: ВСГЕИ, 2002. – 383с.
 5. Металлогения ртути /под ред. В.И. Смирнова, В.А. Кузнецова, В.П. Федорчука. – М.: Недра, 1976. – 255 с.
 6. Мочалов, А.Г., Зайцев, В.П., Перцев, А.Н., Власов, Е.А. Минералогия и генезис «шлиховой платины» россыпных месторождений южной части Корякского нагорья России // Геология рудных месторождений. – 2002. – №3. – С. 212-238.
 7. Некрасов, Б.В. Основы общей химии: В 2-х т. – М.: Химия, 1974. – Т. 2. – 688 с.
 8. Округин, В.М. Новые данные о возрасте и генезисе эпитеермальных месторождений зоны перехода континент – океан // Геодинамика, магматизм и минерагения континентальных окраин Севера Пацифики. – Магадан, 2002. – Т.3. – С. 36-40.
 9. Петренко, И.Д. Золотосеребряная формация Камчатки. – Петропавловск-Камчатский, 1999. – 116 с.
 10. Полетаев, А.В. Камчатско-Корякский платиноносный пояс // Платина России. – Т. 3, кн. 1. – М.: ЗАО «Геоинформмарк». 1999. – С. 76-87.
 11. Полянин, В.С., Ведерников, Н.Н., Полянина, Т.А., Козлов, А.П. Геологическое строение и история формирования Гальмознанского мафит-ультрамафитового массива // Отечественная геология. – 2000. – №1. – С. 44-52.
 12. Сауков, А.А. Геохимия ртути. // Труды ИГН АН СССР. – 1946. – Вып. 76. – 128 с.
 13. Справочник химика. – Т. 1 / под ред. Б.П. Никольского. – Л.: Химия, 1966. – 1071 с.
 14. Степанов, В.А. Перспективы выявления золотортутных месторождений на Камчатке // Известия вузов. – Геол. и разв. – 2008. – №1. – С. 29-34.
 15. Степанов, В.А., Кунгурова, В.Е., Койдан, И.А. Золотоносность Камчатского срединного массива // Известия вузов. Геология и разведка. – 2019. – № 2. – С. 44-53.
 16. Федорчук, В.П. Геология ртути. – М.: Недра, 1983. – 240 с.