

Геология, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых

УДК 552.3:550.42

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ СВИНЦА ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД НОВО-ШИРОКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЯ: ИСТОЧНИКИ ВЕЩЕСТВА И ВОЗМОЖНАЯ СВЯЗЬ С ПОЗДНЕМЕЗОЗОЙСКИМ ВНУТРИПЛИТОВЫМ МАГМАТИЗМОМ РЕГИОНА

© С.И. Дриль¹

Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, 664033, Россия, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1а.

Целью работы стало изучение природы источника рудного вещества, что является одним из наиболее актуальных вопросов в учении о месторождениях полезных ископаемых. Особенно остро он стоит в настоящее время, когда сложилась парадигма глубинной геодинамики и тектоники плюмов, то есть концепция движения к земной коре мантийных потоков, с которыми связано образование крупных изверженных провинций, обладающих значительной металлогенической нагрузкой. Исследованы вариации изотопного состава свинца галенитов руд Ново-Широкинского полиметаллического месторождения Восточного Забайкалья, что позволило выделить два источника рудного вещества – коровый и корово-мантийный. Коровый преобладающий источник соответствует по своим изотопным характеристикам источнику «Ороген» ($\mu = 9,6-9,7$) плюмботектонической модели. Корово-мантийный источник ($\mu = 9,4$), играющий резко подчиненную роль, может представлять собой вещество раннепалеозойских офиолитовых комплексов обрамления Аргунского террейна. Предполагается незначительное влияние на изотопный состав свинца руд корово-мантийной компоненты ($\mu \approx 9,2-9,4$), связанной с внутриплитовыми магматическими образованиями трахибазальтовой серии Восточного Забайкалья.

Ключевые слова: Ново-Широкинское полиметаллическое месторождение; изотопный состав свинца; внутриплитовый магматизм.

LEAD ISOTOPIC COMPOSITION OF NOVO-SHIROKINSKOYE DEPOSIT BASE METAL ORES IN EASTERN TRANSBAIKALIA: SOURCES OF SUBSTANCE AND POSSIBLE ASSOCIATION WITH LATE MESOZOIC WITHIN-PLATE MAGMATISM OF THE REGION

S.I. Dril

A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, 1a Favorsky St., Irkutsk, 664033, Russia.

The purpose of the paper is the study of the sources of ore substance that is one of the most relevant problems in the theory of mineral deposits. It is a particularly pressing issue now, when the paradigm of deep plume geodynamics and tectonics, that is, the concept of mantle flow motion to the Earth's crust has been created. Mantle flows are associated with the formation of large igneous provinces with a significant metallogenic load. The study is given to the variations of the isotopic composition of lead from the ore galenas of Novo-Shirokinskoye base metal deposit in Eastern Transbaikalia. From the study we can suggest two sources of ore substance – crustal and crustal-mantle. By its isotopic characteristics the predominant crustal ore source is similar to the “Orogen” source ($\mu = 9,6-9,7$) of the plumbotectonic model. The strongly subordinated crustal and mantle source ($\mu = 9,4$) can include the substance of Early Paleozoic ophiolitic complexes framing the Argun terrane. We suppose that the isotopic composition of lead is slightly influenced by the crustal and mantle component ($\mu = 9,2-9,4$) related to the within-plate magmatic formations of the trachybasaltic series of Eastern Transbaikalia.

Keywords: Novo-Shirokinskoye base metal deposit; isotopic composition of lead; within-plate magmatism.

¹Дриль Сергей Игоревич, заведующий лабораторией геохимии изотопов, тел.: (3952) 426034, e-mail: sdril@igc.irk.ru

Dril Sergei, Head of the Isotope Geochemistry Laboratory, tel.: (3952) 426034, e-mail: sdril@igc.irk.ru

Вопрос о природе источников рудного вещества, формирующего месторождения полезных ископаемых, всегда являлся одним из наиболее актуальных в геохимии. Особенно остро он стоит в настоящее время, когда сложилась парадигма глубинной геодинамики и тектоники плюмов, то есть концепция движения к земной коре мантийных потоков, с которыми связано образование крупных изверженных провинций, обладающих значительной металлогенической нагрузкой [4, 10].

Восточное Забайкалье, где развиты разнообразные типы рудных месторождений, связанные с внутриплитовым магматизмом, является одним из эталонных регионов для решения вопроса о взаимосвязи внутриплитовой (плюмовой) эндогенной активности и рудного процесса. Закрытие Монголо-Охотского палеоокеана в его забайкальской части произошло в средне-позднеюрское время [2]. В результате этого оказались пространственно совмещены разновозрастные структурно-вещественные комплексы Западно-Станового и Аргунского супертеррейнов, разделенные тектоническими фрагментами аккреционных призм палеоокеана, объединенными в составе Ононского террейна [6]. Постаккреционный этап развития Восточного Забайкалья характеризовался широким развитием внутриплитового магматизма, в составе которого следует отметить средне-верхнеюрские вулканогенные и интрузивные образования шошонит-латитовой серии, проявленные в пределах Аргунского супертеррейна южнее Монголо-Охотской сутурной зоны. Более масштабный импульс внутриплитовой эндогенной активности привел к формированию пород верхнеюрско-нижнемеловой трахибазальтовой серии, проявленной в рифтогенных впадинах как в Западном, так и в Восточном Забайкалье к югу и к северу от Монголо-Охотской сутуры. Для рудно-магматических систем, связанных с магматитами шошонит-латитовой серии, типоморфными являются месторождения полиметаллов с серебром и

золотом, тогда как с образованиями трахибазальтовой серии – кварц-золоторудные месторождения [9].

Изотопно-геохимическим репером для выяснения природы рудного вещества полиметаллических месторождений является изотопный состав свинца, поскольку этот элемент входит в состав как руд, так и рудовмещающих и рудогенерирующих пород. Это позволяет проследить вариации изотопного состава свинца на всех стадиях рудного процесса. Нами [4] была предложена модель гетерогенного состава рудных свинцов кварц-золоторудных месторождений Восточного Забайкалья, основанная на смешении свинцов мантийного и корового генезиса. Более поздними исследованиями [3] были конкретизированы параметры этих компонентов и их соотношения в рудах различных полиметаллических месторождений Восточного Забайкалья. Кроме того, было предположено [3], что степень мантийности или коровости изотопного состава свинца руд может зависеть как от типа магматических пород, связанных с оруденением, так и от типа коры, присутствующего конкретному террейну, где расположено месторождение. Так, золотосульфидные месторождения южной окраины Западно-Станового террейна (Дарасунское, Теремкинское) имеют корово-мантийный источник свинца, что обусловлено тесной связью рудного процесса с основными магмами повышенной щелочности. Для полиметаллических месторождений Аргунского террейна (Бугдаинского, Шахтаминского, Ново-Широкинского, Акатуевского, Благодатского и других) фиксируется коровый источник рудного свинца, близкий по изотопным характеристикам к линии изотопной эволюции свинца в источнике вещества типа «Ороген» плюмботектонической модели [12].

Нами были исследованы изотопные составы рудных свинцов Ново-Широкинского месторождения, принадлежащего колчедано-галенит-сфалеритовой формации и расположенного в пределах Аргунского террейна (рис. 1). Кроме того, был

исследован изотопный состав свинца монцогаббро и шошонитов Акатуевской вулcano-плутонической ассоциации Александрово-Заводской рифтогенной впадины (шошонит-латитовая серия) и трахибазальтов одноименной серии Ингодинской, Усуглинской и Мулинской рифтогенных впадин Восточного Забайкалья.

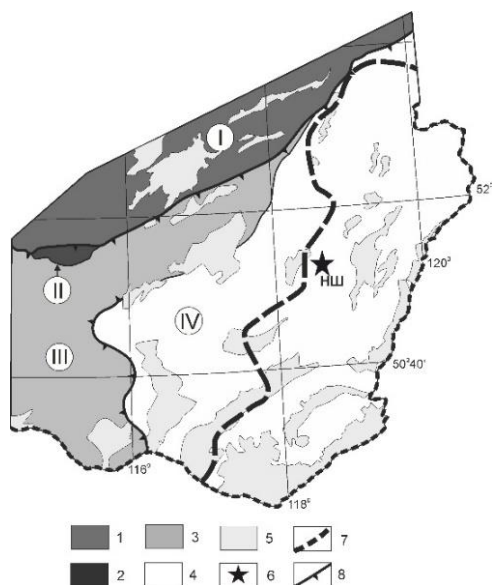


Рис. 1. Схема террейнов восточной части Монголо-Охотского орогенного пояса, выполненная на основе [6]:

1 (I) – образования Западно-Станового террейна; 2 (II) – образования Каменского островодужного террейна; 3 (III) – образования Ононского террейна аккреционного клина; 4 (IV) – образования Аргунского террейна; 5 – позднеюрско-раннемеловые рифтогенные впадины с вулканогенно-осадочным выполнением; 6 – Ново-Широкинское полиметаллическое месторождение (НШ); 7 – граница распространения карбонатного неопротерозойско-нижнекембрийского чехла Аргунского террейна; 8 – разломы, ограничивающие Монголо-Охотскую сутурную зону

Структура рудного района, к которому приурочено Ново-Широкинское месторождение, представляет собой грабен с блоковым внутренним строением [8]. Нижний структурный этаж грабена сложен кристаллическими сланцами, кварцитами и карбонатными породами раннепалеозойского возраста. Верхний структурный этаж подразделяется на два яруса. Нижний структурный ярус представлен морскими терригенными отложениями

раннеюрского возраста. Верхний структурный ярус включает в себя базальные конгломераты, туфы трахиандезитового и трахиандезибазальтового составов, которые венчаются толщей андезитов, трахиандезитов, трахиандезибазальтов и трахибазальтов [7].

Рудные тела месторождения обладают трубо-, гнездо-, линзо-, жилообразной формой, а зоны минерализации имеют крутые углы падения и кулисообразный характер размещения (рис. 2) [8]. Выделяются сплошные и преобладающие прожилково-вкрапленные руды колчеданного, колчеданно-полиметаллического и существенно полиметаллического типов. Для Ново-Широкинского месторождения традиционно отмечается тесная связь рудного процесса с магматическими образованиями шошонит-латитовой серии Забайкалья [9].

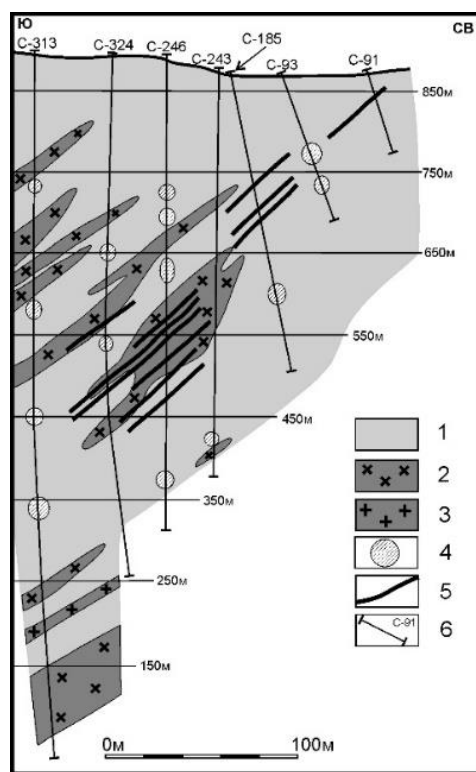


Рис. 2. Геологический разрез центральной части Ново-Широкинского полиметаллического месторождения по данным [8]:

1 – лиственитизированные трахиандезибазальты; 2 – лиственитизированные диоритовые порфириды; 3 – березитизированные гранодиорит-порфиры; 4 – участки интенсивной серицитизации, окварцевания и пиритизации; 5 – рудные тела; 6 – скважины

Определения изотопного состава свинцов руд и магматических пород проводились на многоколлекторном с индуктивно связанной плазмой масс-спектрометре MC-ICP-NEPTUNE plus методом двойного изотопного разбавления с применением трассера $^{207}\text{Pb} + ^{204}\text{Pb}$. Многократные измерения стандартного образца NIST SRM-981 ($n = 27$) дали следующие результаты: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 16,9376 \pm 0,0022$; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15,4918 \pm 0,0022$; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 36,695 \pm 0,006$. Погрешность анализов (2SD) составила 0,017–0,019%.

На диаграмме в координатах $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (рис. 3) показана изотопная систематика галенитов Ново-Широкинского месторождения, а также рассеянных свинцов пород шошонит-латитовой и трахибазальтовой серии. Изотопный состав большинства галенитов главного рудного тела Ново-Широкинского месторождения ($\mu = 9,60$ – $9,64$) близок к линии изотопной эволюции свинца в источнике «Ороген», что подтверждает вывод о коровом источнике свинца этого месторождения [3]. Возраст свинцов главного рудного тела, рассчитанный по модели [11], лежит в пределах 100–114 МА млн лет, что может, вероятно, служить верхней возрастной оценкой процесса рудоотложения. Этот возраст заметно моложе возраста магматических образований шошонит-латитовой серии – 165–155 млн, но близок к возрасту вулканитов трахибазальтовой серии – 118–125 МА, что позволяет по-новому взглянуть на роль последних в генезисе Ново-Широкинского месторождения. В пользу последнего соображения свидетельствует и намечающаяся линия смешения между составами трахибазальтов и рудных свинцов (рис. 3), связывающая корово-мантийный ($\mu \approx 9,2$ – $9,4$) и коровый источники вещества типа «Ороген» ($\mu \approx 9,6$ – $9,7$). При этом следует признать, что возможная доля мантийной компоненты в галенитах главного рудного тела месторождения крайне мала.

Кроме корового свинца на Ново-Широкинском месторождении обнаружен свинец, изотопный состав которого

резко отличен от преобладающего изотопного состава свинца главного рудного тела. Его изотопный состав сопоставляется с корово-мантийным трендом модели Стейси-Крамерса [11] (тренд I S-K, $\mu = 9,4$ на рис. 3). Этот свинец обнаружен в рудной жиле, находящейся вблизи главного рудного тела месторождения. Рудная жила имеет полосчатое строение, характеризующееся чередованием полос среднекристаллического галенита с примесью мелкозернистого пирита и полос, сложенных пиритом, кварцем и карбонатом. Сульфидная часть жилы переходит в интенсивно измененный эффузив шошонит-латитовой серии. Таким образом, можно было бы полагать, что корово-мантийный источник свинца связан именно с магматитами шошонит-латитовой серии. Однако изотопный состав ($\mu = 9,44$) и возраст этого рудного свинца, составляющий 430 млн лет, исключает его непосредственную генетическую связь с позднемезозойскими внутриплитовыми магматическими образованиями региона. Факт существования рудного свинца с такими изотопными характеристиками может быть объяснен только с позиций его мобилизации в процессе рудогенеза из пород рифейско-раннепалеозойского фундамента Аргунского террейна. На роль такого протолита могут претендовать базиты офиолитовой природы, развитые в пределах северо-западного обрамления Аргунского террейна, для которых обоснован изотопный возраст 446–476 млн лет [1].

Таким образом, корово-мантийный тренд эволюции изотопного состава рудных свинцов (S-K, $\mu = 9,4$), предложенный для рудно-магматических систем золото-сульфидных месторождений южной окраины Западно-Станового террейна [3], получил дополнительное подтверждение нашими исследованиями руд Ново-Широкинского месторождения Аргунского террейна.

На диаграмме в координатах $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (рис. 4) составы рудных свинцов Ново-Широкинского месторождения группируются вблизи

линии изотопной эволюции свинца, отвечающей среднему составу континентальной коры (S-K, $\mu = 36,84$). Точки составов свинцов месторождений Западно-Станового террейна, имеющие корово-мантийный источник, смещены от этого тренда в область более низких величин $\mu = 34,75-34,97$ [3], что свидетельствует об относительно высоком Th/U отношении в источнике. Изотопный состав корово-мантийного свинца Ново-Широкинского месторождения имеет величину $\mu = 35,75$, что ближе к среднecоровой величине. Это может указывать на различия в природе корово-мантийных источников рудного свинца месторождений в пределах Западно-Станового и Аргунского террейнов.

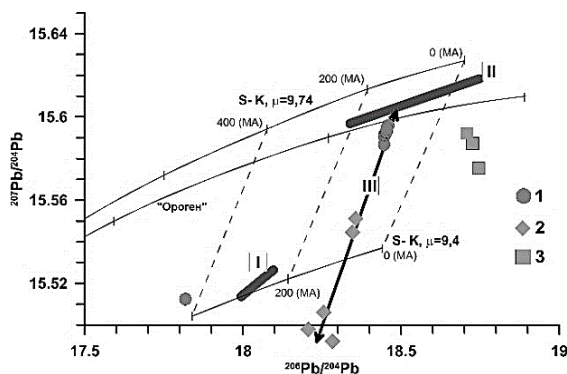


Рис. 3. Диаграмма зависимости $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ от $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ для галенитов Ново-Широкинского полиметаллического месторождения:

1 – составы галенитов Ново-Широкинского месторождения; 2 – составы рассеянных свинцов вулканитов трахибазальтовой серии Восточного Забайкалья (Ингодинская, Усуглинская, Мулинская рифтогенные впадины); 3 – составы рассеянных свинцов моцогоаббро и шшонитов шшонит-латиовой серии вулcano-плутонической ассоциации Александрово-Заводской впадины. Линия эволюции изотопного состава Pb для корового источника «Ороген» дана по [12]; сплошные линии соответствуют изотопной эволюции свинца по модели Стейси-Крамерса (S-K) [11]. Тренды (I) и (II) показывают эволюцию свинца в корово-мантийном и коровом источниках по [3]. Линией (III) показана возможная линия смешения между корово-мантийным и коровым источниками свинца, намеченная по тренду пород трахибазальтовой серии и «коровым» рудам Ново-Широкинского месторождения

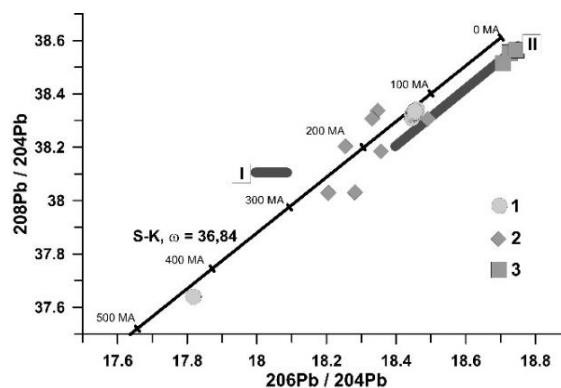


Рис. 4. Диаграмма зависимости $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ от $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ для галенитов Ново-Широкинского полиметаллического месторождения.

Условные обозначения см. на рис. 3

Таким образом, на основе исследования вариаций изотопного состава свинца галенитов руд Ново-Широкинского полиметаллического месторождения впервые обосновано выделение двух источников рудного вещества – корового и корово-мантийного, что дополняет модель, предложенную в статье [3]. Коровый преобладающий источник соответствует по своим изотопным характеристикам источнику «Ороген» ($\mu = 9,6-9,7$) плюмботектонической модели. Корово-мантийный источник ($\mu = 9,4$), играющий резко подчиненную роль, может представлять собой вещество раннепалеозойских офиолитовых комплексов северо-западного обрамления Аргунского террейна. Кроме того, можно предполагать незначительное влияние на изотопный состав свинца руд корово-мантийной компоненты ($\mu \approx 9,2-9,4$), связанной с внутриплитовыми магматическими образованиями трахибазальтовой серии.

Исследования выполнялись при финансовой поддержке грантов РФФИ 14-05-00887, 15-05-05079, 13-05-12026_офи_м, а также интеграционных проектов ИП 99 и ИП87.

Библиографический список

1. Булгатов А.Н., Климук В.С., Шихохин Е.А. Кулиндинская свита в стратотипе (Восточное Забайкалье, Монголо-

Охотский складчатый пояс) // Отечественная Геология. 2010. № 4. С. 54–60.

2. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. В 2 кн. М.: Недра, 1990. Кн. 1. 328 с.

3. Изотопно-свинцовые рудные провинции Восточного Забайкалья и их связь со структурами региона (по данным высокоточного MS-ICP-MS-изучения изотопного состава Pb) / А.В. Чугаев, И.В. Чернышев, Н.С. Бортников, В.А. Коваленкер, Г.Д. Киселева, В.Ю. Прокофьев // Геология рудных месторождений. 2013. № 4 (55). С. 282–294.

4. Карийская золоторудно-магматическая система Восточного Забайкалья: Rb-Sr геохронология грани-тоидов и изотопный состав рудных свинцов / С.И. Дриль, А.М. Спиридонов, С.В. Ефремов, Т.А. Владимирова, В.С. Чуканова, Н.Н. Ильина // Новые горизонты в изучении процессов магмо- и рудообразования: материалы науч. конф. (8–10 ноября 2010 г.). М.: Изд-во ИГЕМ РАН, 2010. С. 66–67.

5. Кузьмин М.И., Ярмолюк В.В. Мантийные плюмы Северо-Восточной Азии и их роль в формировании эндогенных месторождений // Геология и геофизика. 2014. № 2 (55). С. 153–184.

6. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии / Л.М. Парфенов, Н.А. Берзин, А.И. Ханчук, Г. Бадарч, В.Г. Беличенко, А.Н. Булгатов, С.И. Дриль,

Г.Л. Кириллова, М.И. Кузьмин, У. Ноклеберг, А.В. Прокопьев, В.Ф. Тимофеев, О. Томуртоого, Х. Янь // Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология. 2003. № 6 (22). С. 7–41.

7. Петрохимические и геохимические особенности вулcano-плутонической ассоциации Быстринской тектономагматической структуры / Л.Д. Зорина, З.И. Куликова, В.И. Баумштейн, В.Н. Смирнов // Геология и геофизика. 1986. № 9 (27). С. 67–74.

8. Санин Б.П., Зорина Л.Д. Формации свинцово-цинковых месторождений Восточного Забайкалья. М.: Наука, 1980. 184 с.

9. Спиридонов А.М., Зорина Л.Д., Китаев Н.А. Золотоносные рудно-магматические системы Забайкалья. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2006. 291 с.

10. Pirajno F. Ore deposits and mantle plumes. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. 550 p.

11. Stacey J.S., Kramers I.D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model // Earth Planet. Sci. Lett. 1975. V. 26. I. 2. P. 207–221.

12. Zartman R.E., Doe B.R. Plumbotectonics – the model // Tectonophysics. 1981. V. 75. P. 135–162.

Статья поступила 17.09.2015 г.