

Вопросы глобальной металлогенической зональности Тихоокеанского рудного пояса: выводы для прогнозно-металлогенических исследований на Востоке России

А.В.ВОЛКОВ, А.А.СИДОРОВ, А.Л.ГАЛЯМОВ, И.А.ЧИЖОВА (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской Академии наук (ИГЕМ РАН); 119017, г. Москва, Старомонетный пер., д. 35)

Всё большее внимание горнодобывающих компаний привлекают страны Тихоокеанского рудного пояса (ТРП), где открыты, разведаны и подготовлены к отработке крупные и суперкрупные месторождения. Общий потенциал добычи минерального сырья в ТРП может в ближайшие годы увеличиться в 1,5–2 раза, в том числе и на территории Востока России.

Ключевые слова: Тихоокеанский рудный пояс, Восток России, минеральное богатство, металлогения, месторождение, металлы, медь, золото, серебро, перспективы.

Волков Александр Владимирович
Сидоров Анатолий Алексеевич
Галямов Андрей Львович
Чижова Ирина Александровна



ma2105@mail.ru
koluma@igem.ru
a-galyamov@yandex.ru
tchijova@igem.ru

Issues of global metallogenic zonality of the Pacific ore belt: conclusions for predictive metallogenic studies in the East of Russia

A.V.VOLKOV, A.A.SIDOROV, A.L.GALYAMOV, I.A.CHIZHOVA (Institute of Geology of ore deposits, petrography, Mineralogy and Geochemistry of the Russian Academy of Sciences (IGEM RAS))

The Pacific ore belt (POB) countries, where a number of major and giant deposits have been discovered, explored and prepared for development, are attracting increasing attention of mining companies. The total potential of mineral extraction in POB may increase by 1,5–2 times in the coming years including the East of Russia.

Key words: Pacific ore belt, East of Russia, mineral wealth, metallogeny, deposit, metals, copper, gold, silver, prospects.

Тихоокеанский рудный пояс огромным кольцом охватывает активные континентальные окраины континентов вокруг одноимённого океана (рис. 1). Недра ТРП богаты не только благородными, но и чёрными, цветными и редкими металлами, а также другими ценными полезными ископаемыми. Первые сведения в Европе «о минеральном богатстве ТРП» появились после открытия Колумбом Америки в конце XV в., который нашёл немного золота на островах в Карибском бассейне, а затем испанские конкистадоры в Мексике и в Андах обнаружили значительно большее его количество и невероятно богатые залежи серебра. Ещё в доколумбовую эпоху многие из месторождений в южноамериканском субъекте ТРП разрабатывались коренным населением, в частности, инками, которые имели самые передовые технологии горного дела и металлургии. Кроме драгоценных металлов они добывали также Cu, Sn, Hg, Pb и Sb. Известно, что только за 20 лет (1541–1560 гг.)

испанцы вывезли из Южной Америки и Мексики более 500 т золота. Однако уникальные запасы Au и Ag Андийского сегмента ТРП, эксплуатирующиеся с тех времён, не истощились до сих пор.

В начале XXI в. из недр ТРП добывается огромное количество разнообразных полезных ископаемых, главные из которых Cu, Au, Ag, Sn, Mo, Pb, Zn, Li, B, PЗМ, железные и марганцевые руды, Sb, Be, уголь и др. Пояс знаменит многочисленными, мирового класса месторождениями Cu-Mo-порфирирового типа, сопровождающимися скарновыми и жильными Pb-Zn-Ag и Au-Ag эпитермальными сателлитами. Мировую известность получили также орогенные месторождения Au Яно-Колымской провинции, месторождения Au Карлинского типа (Невада, США), Sn-W, Pb-Zn-Ag, Sb и PЗЭ месторождения Китая, Cu-Pb-Zn-Ag месторождения типа Куроко Японии, Sn-Ag гиганты Боливии и др.

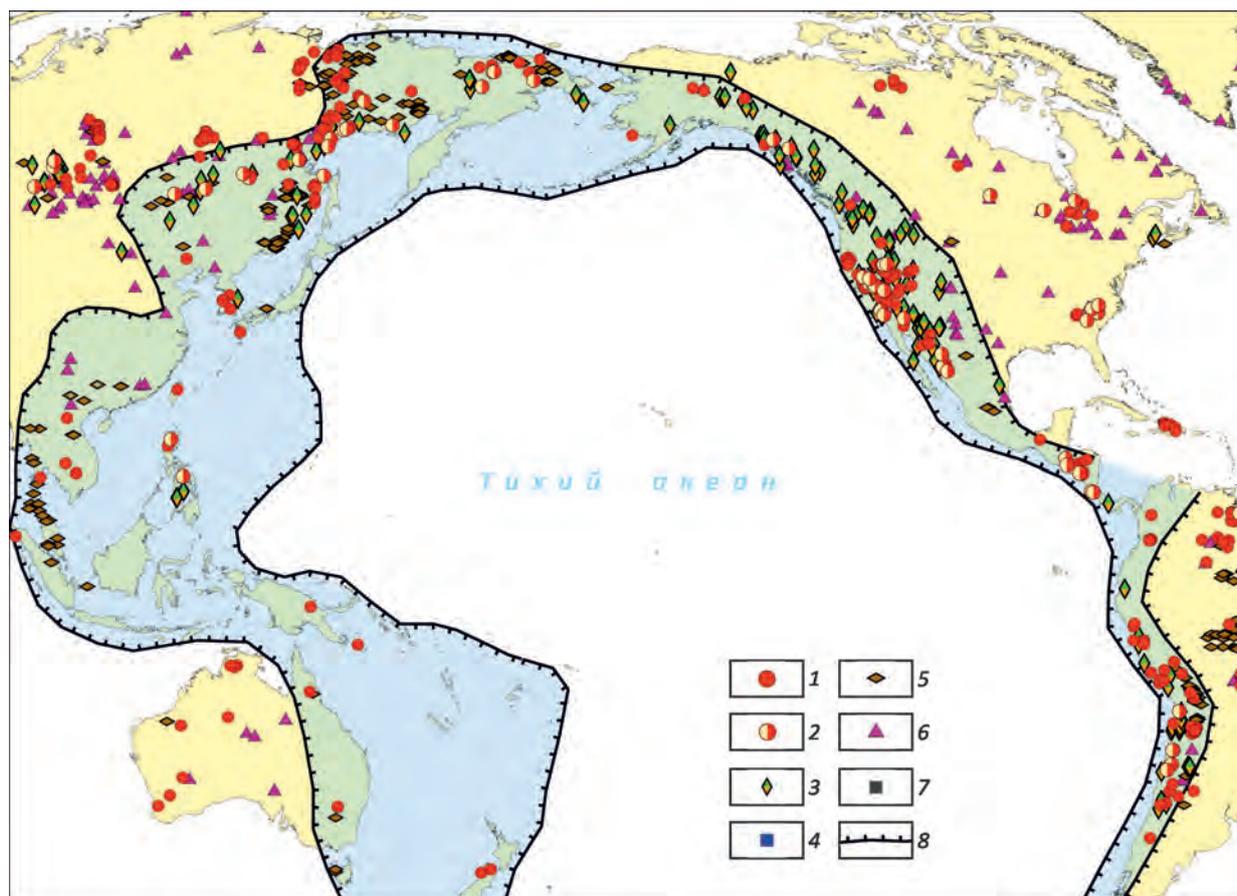


Рис. 1. Распространение рудных металлических месторождений в Тихоокеанском рудном поясе, по данным ГИС-анализа:

месторождения: 1 – золоторудные в терригенных формациях, 2 – золото-серебряные, 3 – медно-молибденовые порфировые, 4 – свинцово-цинковые, 5 – оловорудные, 6 – редких и 7 – чёрных металлов; 8 – Тихоокеанский пояс

Таким образом, Тихоокеанский рудный пояс – одна из важнейших глобальных металлогенических структур, формировавшаяся, начиная с позднего палеозоя, в течение мезозойского и кайнозойского периодов [7]. Протяжённость его внешней границы свыше 56 тыс. км, а ширина от нескольких сотен до тысяч километров. В составе ТРП традиционно выделяются следующие сегменты: Азиатский, Австралийский, Североамериканский, Южноамериканский и Антарктический. Хотя в пределах последнего установлены только несколько рудопроявлений, доступных для изучения, а большая его часть перекрыта ледниками. Практически вся территория Дальневосточного Федерального округа России и Забайкальского края находится в пределах Северо-Западной части Азиатского сегмента ТРП (рис. 2).

Главная цель настоящей статьи – показать, что горнодобывающая промышленность, несмотря на экологические проблемы, имеет значительные перспективы развития в ТРП и, в частности, на территории Востока России. В ходе подготовки настоящей статьи изучены

многочисленные отечественные и зарубежные публикации. Подготовлены материалы для формирования ГИС проекта, включающего картографический материал и базу данных по отечественным и зарубежным месторождениям ТРП. Схематическая металлогеническая карта ТРП приведена на рис. 1.

О глобальной металлогенической зональности ТРП. В своей знаменитой статье академик С.С.Смирнов отметил элементы металлогенической однородности ТРП, выделил в его пределах внешнюю и внутреннюю зоны и охарактеризовал особенности их металлогении [12]. Позднее представления учёного о ТРП получили развитие в многочисленных трудах дальневосточных геологов. Идеи новой глобальной тектоники в определённой мере ассимилировали результаты этих исследований. Однако оказалось не просто объяснить элементы глобальной металлогенической однородности ТРП с позиций террейновой концепции. Воспринимая последнюю с методологических позиций структурно-формационных зон, авторы данной статьи

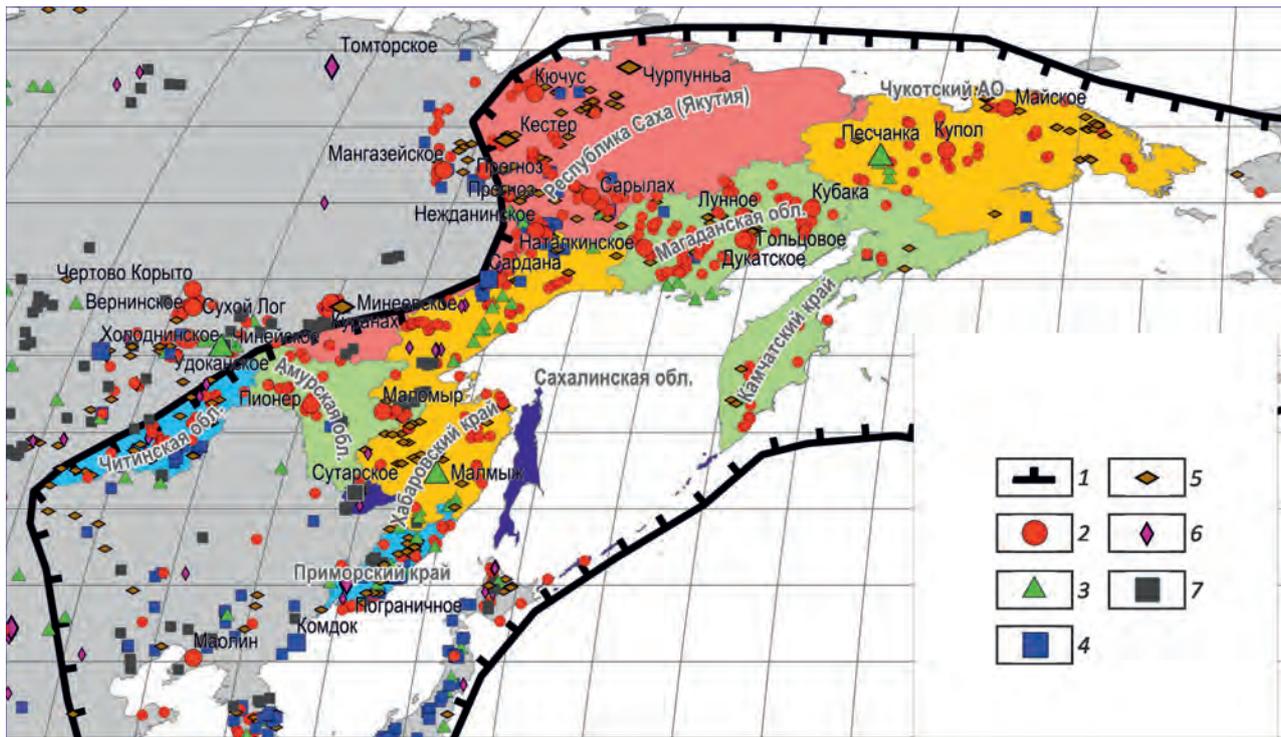


Рис. 2. Распространение рудных металлических месторождений в российском секторе ТРП, по данным ГИС-анализа:

1 – Тихоокеанский пояс; месторождения металлических полезных ископаемых: 2 – благородные, 3 – цветные (Cu), 4 – цветные (Pb-Zn), 5 – цветные (Sn), 6 – редкие, 7 – чёрные

предлагают объяснение этих элементов, привлекая рудноформационный анализ [11].

Для ТРП характерна окраинно-морская, переходная от континентальной к океанической литосфера [13], металлогеническая модель которой заключается в сложном сочетании реовенированного оруденения докембрийского фундамента террейнов разного типа, сульфидизированных зон верхоянского (PZ-J) осадочного комплекса и постмагматических образований в аккреционных (J-K₁) и постаккреционных структурах (K₁-Cz) [8]. Важнейшая особенность окраинно-морской литосферы – остаточные кратонные террейны (Охотского и Омолонского типа на Северо-Востоке России) и обилие погружённых микрократонов [5]. К их ограничениям и секущим зонам тектономагматической активизации приурочены крупнейшие рудные месторождения [1].

Глобальную металлогеническую зональность ТРП во многом определяют островодужные террейны различного типа и окраинно-континентальные (краевые) вулканоплутонические пояса. Островодужные террейны прошлых геологических эпох устанавливаются в структурах Канадских Кордильер (ранний палеозой–мезозой), северо-востока и Дальнего Востока России (поздний палеозой–поздний мезозой) и Южной Америки (мезозой–ранний кайнозой). В пределах острово-

дужных террейнов сосредоточена значительная часть Cu-Mo-порфировых месторождений и большая часть месторождений типа «Куроко», связанных с формацией «зелёных туфов» [1]. Именно специфика оруденения, распространённого в островодужных террейнах, окраинно-континентальных вулканогенных поясах и перивулканических зонах, позволяет говорить о ТРП как об особой, глобальной [1], металлогенически однородной структуре. Связь магматических пород и рудных месторождений с тектоническими процессами, протекавшими в ТРП, подчёркивается омоложением их возраста по мере приближения к Тихому океану [7].

В позднемезозойский этап формирования ТРП обнаруживается нарастание элементов глобальной металлогенической однородности, которые связаны, прежде всего, с развитием порфировых, сульфидных (вкрапленных руд) и колчеданных (полиметаллических) рядов рудных формаций, а также с хромитовыми, Cu-Ni и платинометалльными рядами офиолитовых террейнов, океанических рифтов и островодужных образований [11]. Различные базовые рудные формации сопровождаются однотипными жильными рудными формациями: золото-серебряной, олово-серебро-полиметаллической, сурьмяной, ртутной и др. [11]. Именно эти генетически разнородные, но подобные и даже

конвергентные месторождения и рудопроявления объединяются в единые металлогенические зоны, образующие ТРП (см. рис. 1).

При выделении внутренней «Cu» и внешней «Sn-W» зон ТРП С.С.Смирнов [12] подчёркивал, что в целом очертания пояса прекрасно фиксируются бонанцевыми Au-Ag месторождениями, тесно ассоциированными в пространстве и во времени с третичными вулканитами. Позднее выяснилось, что эти месторождения в ТРП связаны также с позднемезозойскими Охотско-Чукотским и Восточно-Сихоте-Алинским, палеозойскими (в чехле Омолонского кратона) и даже более древними вулканоплутоническими поясами [10]. Родство эпитермальных вулканогенных месторождений объясняется не однообразием источников их руд (как ранее полагало большинство геологов), а их близповерхностными физико-химическими условиями рудоотложения [1].

Сопоставление металлогении внутренней и внешней зон ТРП показывает отсутствие месторождений Sn и W во внутренней зоне. Более «меденосный» характер этой зоны очевиден, что, по всей вероятности, связано с островодужными террейнами в её фундаменте. Во внешней зоне – последний, в отличие от внутренней зоны, представлен мощными оловоносными толщами терригенного комплекса, как в северо-западном и юго-восточном сегментах ТРП [1].

Постаккреционные месторождения внешних зон ТРП, наложенные на разнотипные террейны, связаны, как отмечалось выше, только близкими временными и физико-химическими условиями рудообразования; источники рудного вещества здесь, безусловно, различны. Иначе говоря, внешние металлогенические зоны в ТРП нередко обладают определёнными чертами подобия из-за распространённости здесь орогенных, эпитермальных и вулканогенно-плутоногенных, в том числе порфировых месторождений. Именно распространением позднемезозойских магматических пород и постаккреционных месторождений вглубь континента, вдоль разломов в процессе активизации древних структур и определяется положение границы внешней зоны [7] и в целом ассиметричное строение ТРП (см. рис. 1). Поэтому, как отмечала Е.А.Радкевич [7], конфигурация внешней границы в Азиатском сегменте ТРП неправильна и условна. Здесь внешняя зона ТРП заходит далеко на запад в пределы континента (см. рис. 2).

В заключение этого раздела необходимо отметить, что с течением времени представления С.С.Смирнова [12] о зональности ТРП получили существенное развитие с позиций новой глобальной тектоники. Его представления о внешней зоне ТРП послужили определённым стимулом при разработке новых научных направлений о тектономагматической активизации, об аккреционных и постаккреционных металлогенических поясах. Однако природа металлогенических однородностей внутренней и внешней зон ТРП («Ag-Cu» и «Sn-W») представляется более сложной и неоднозначной.

О минеральном богатстве ТРП. В данной статье приведены результаты сопоставления, главным образом, активных запасов, разрабатываемых и подготавливаемых к освоению месторождений в пределах границ выделенных сегментов ТРП (см. рис. 1). Для сравнительного анализа по сегментам ТРП количество добытого металла оценено в долларах США (по среднему ценам на металлы за 2016 г. [15]). Кроме того, результаты сопоставлялись с данными по миру в целом и Востоку России [2], как составной части восточно-азиатского Сегмента ТРП (см. рис. 2). Ниже рассмотрим результаты анализа по основным для ТРП, как следует из рисунков 3 и 4, металлам.

Несмотря на многовековую историю горнодобывающих работ, недра ТРП содержат ещё достаточное количество чёрных, цветных, редких и благородных металлов (см. рис. 3). Однако наибольшее значение для горнодобывающей промышленности в странах ТРП на современном этапе имеют два металла – Cu и Au (см. рис. 4), далее по ценности идут Fe-руды, Zn, Ag, Pb, Ni, Al, Sn, Mo, B, Sb, W, REE, Li, Be, Mn, Cd, In, Hg и др.

Медь. ТРП производит около 76% от мировой добычи Cu (см. рис. 3) в основном в Южной и Северной Америке и в меньшей степени в Восточной Азии и Австралии (рис. 5). Доля ТРП в мировых активных запасах более 53% (см. рис. 4), здесь, судя по рис. 6, также доминирует Южная Америка, далее следуют Северная Америка, затем Восточная Азия, и последние места занимают Австралия и Восток России. На Востоке России значительные запасы сосредоточены в двух крупных Cu-Mo-Au-порфировых месторождениях

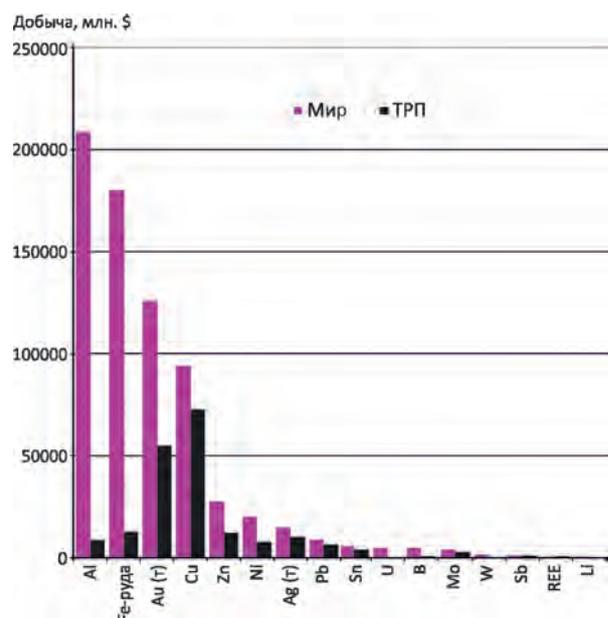


Рис. 3. Добыча стратегических металлов в мире и ТРП в 2016 г. (в млн. \$)

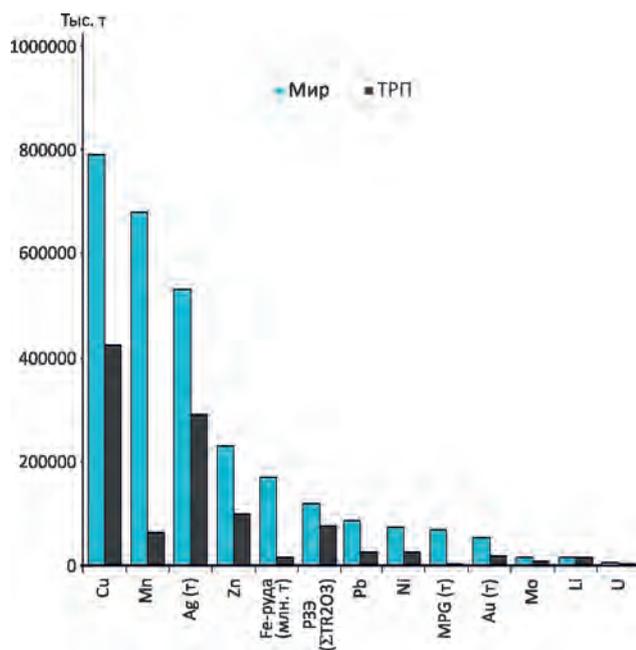


Рис. 4. Активные запасы стратегических металлов в мире и TRП в 2016 г. (большинство запасов в тыс. т)

(Песчанка и Малмыж), подготавливаемых к освоению. Запасы меди месторождения Малмыж составляют 5,2 млн. т, а Песчанки – 3,7 млн. т, суммарно это ~10% от российских запасов [3]. Здесь также выявлены значительные прогнозные ресурсы Cu в ещё неоткрытых месторождениях [3].

Золото. В современной мировой добыче золота доля TRП составляет 45% (см. рис. 3), а доля в мировых запасах – более 36% (см. рис. 4). Основная добыча золота в TRП, как и запасы, сосредоточена в восточно-азиатском сегменте, на втором месте Северная Америка, далее следуют Восток России и Южная Америка, и на последнем месте находится австралийский сегмент (см. рисунки 5, 6). Доля российского золота в запасах и добыче TRП в целом составляет 7 и 27%, соответственно (см. рисунки 5 и 6). На территории Востока России за всю историю эксплуатации россыпных и рудных месторождений золота добыто >8500 т этого драгоценного металла. В 2016 г. примерно равное количество Au добыто в Чукотском АО – 28,8 т и Магаданской области – 27,3 т, в Республике Саха (Якутия) – 23,5 т, Амурской области – 22,8 т, Хабаровском крае – 19,8 т, Забайкальском крае – 12,1 т, Камчатском крае – 6,6 т, Сахалинской области, Курилах – 1,5 т, Приморском крае – 131 кг и Еврейской АО – 66 кг [4]. На Востоке России >30% золота по-прежнему добывается из россыпей. Среди рудных месторождений наилучшими показателями добычи отличаются: Купол, Двойное, Майское (Чукотский АО), Пионер, Березитовое (Амурская обл.), Павлик (Магаданская область), Албазино,

Светлое, Многовершинное (Хабаровский край). На востоке Российской Федерации, как и в TRП в целом, золото добывается из трёх типов месторождений: эпитермальных высоко- и низкосульфидизированных (Купол, Двойное, Светлое, Многовершинное и др.), сульфидно-вкрапленных с упорным Au (Майское, Албазино), орогенных золото-кварцевых (Павлик, Пионер и др.). Кроме того, в TRП заметное количество Au производится из месторождений, связанных с интрузивами гранитоидов, Карлинского типа и попутно из медно-порфировых и колчеданно-полиметаллических месторождений [1]. Перспективы роста золотодобычи на Востоке России связаны с вводом в строй крупнейшего Наталкинского рудника.

Серебро. В TRП добывается примерно 70% от глобального количества Ag (см. рис. 3); доля TRП в мировых запасах – 54% (см. рис. 4). Около 50% производства приходится на Южную Америку, примерно по 23% – на Восток Азии и Северную Америку, а оставшаяся часть – на Австралию. Доля российского серебра в TRП в запасах и добыче составляет 16% и 8%, соответственно (см. рисунки 5 и 6). Более 90% российского серебра производится из эпитермальных руд. Главные продуценты Ag в российской части TRП – магаданское месторождение Дукаг и чукотское Купол. Перспективы развития добычи Ag в российском секторе TRП связаны с освоением крупнейших месторождений Прогноз и Мангазейское Западного Верхоянья (РСЯ) [3].

Железная руда. Доля TRП в производстве железных руд не превышает 10% от мировой, а запасы – 9% от мировых. В суммарном балансе запасов TRП ведущую роль играет восточноазиатский сегмент (см. рис. 6), далее следуют Восток России, Северная Америка, Австралия (Тасмания) и Южная Америка. По добыче Fe-руд (см. рис. 5) на первом месте находится Восток Азии, второе место делят Южная и Северная Америка, а на последнем месте с одинаковой выручкой находятся Восток России и Австралия (Тасмания). Здесь необходимо привести важный для развития МСБ железных руд Востока России пример. В 2017 г. около 97% железных руд в США добывалось в штатах Мичиган и Миннесота из знаменитых месторождений вокруг оз. Верхнее [6]. И только около 5 млн. т высокосортной железной руды (с содержанием 65%) добывалось на месторождении Айрон Маунтин (Юта) и экспортировалось в Китай, как и добытые железные руды из Fe-Cu-оксидных и скарновых месторождений Чили и Перу. Этот пример показывает, что богатые железные руды месторождений Востока России, расположенные вблизи побережья, могут представлять интерес для потенциальных инвесторов.

Цинк и свинец. В TRП доля добычи Zn составляет 44%, Pb – 38% мирового производства (см. рис. 3), а доля в мировых запасах Zn – 43%, Pb – 28% (см. рис. 4). На Восток Азии приходится 34% производства Zn в TRП и Pb – 67%, Южную Америку – ~32

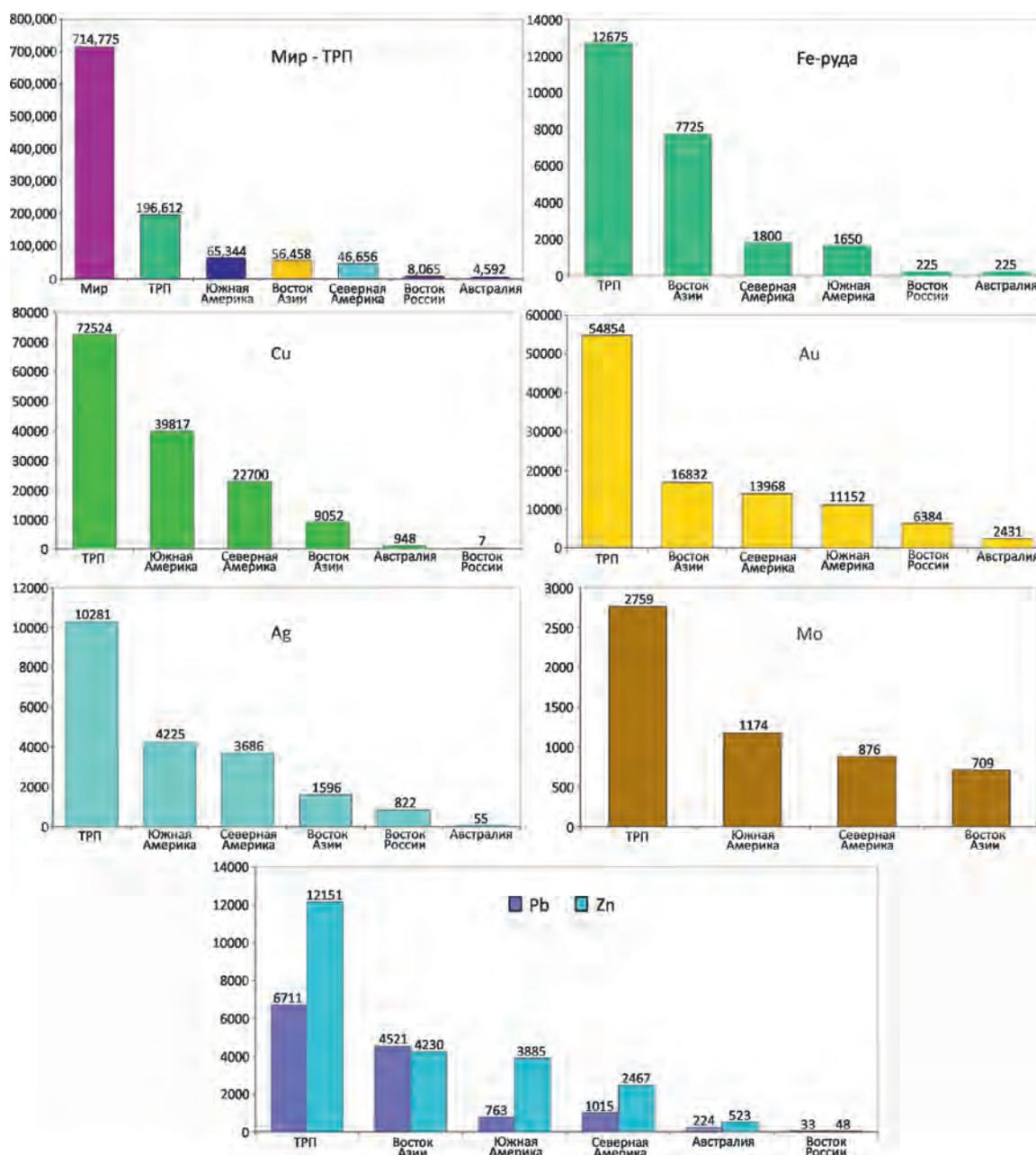


Рис. 5. Распределение добычи стратегических металлов по сегментам ТРП в 2016 г. (в млн. \$)

и 11%, Северную Америку – 20 и 15%, Австралию – 4 и 3% и российская доля <1%. Китай, Мексика, Боливия, США (Аляска) извлекают в ТРП почти весь цинк и свинец [15]. Месторождение Ред Дог с запасами 25 млн. т руды (Zn 19%, Pb 6% и Ag 80 г/т) было одним из крупнейших и богатых в мире [9]. Однако к 2012 г. основные его запасы были отработаны и карьер рудника перенесён на соседнее месторождение Аккалук, которое продлило срок жизни предприятия до 2031 г. [4].

Рудник Грин Крик – на втором месте в Аляске после Ред Дог, опережая крупные золотодобывающие предприятия (Форт Нокс и Пого) по суммарной стоимости продукции [14].

На Востоке России открыто и предварительно разведано только одно достаточно крупное месторождение, во многом аналогичное Ред Дог, – Сардана (РСЯ), оценка которого по сумме металлов – 8,4 млн. т [2]. Кроме того, в этом секторе ТРП активные запасы и производство цинка и свинца сосредоточены в старейшем

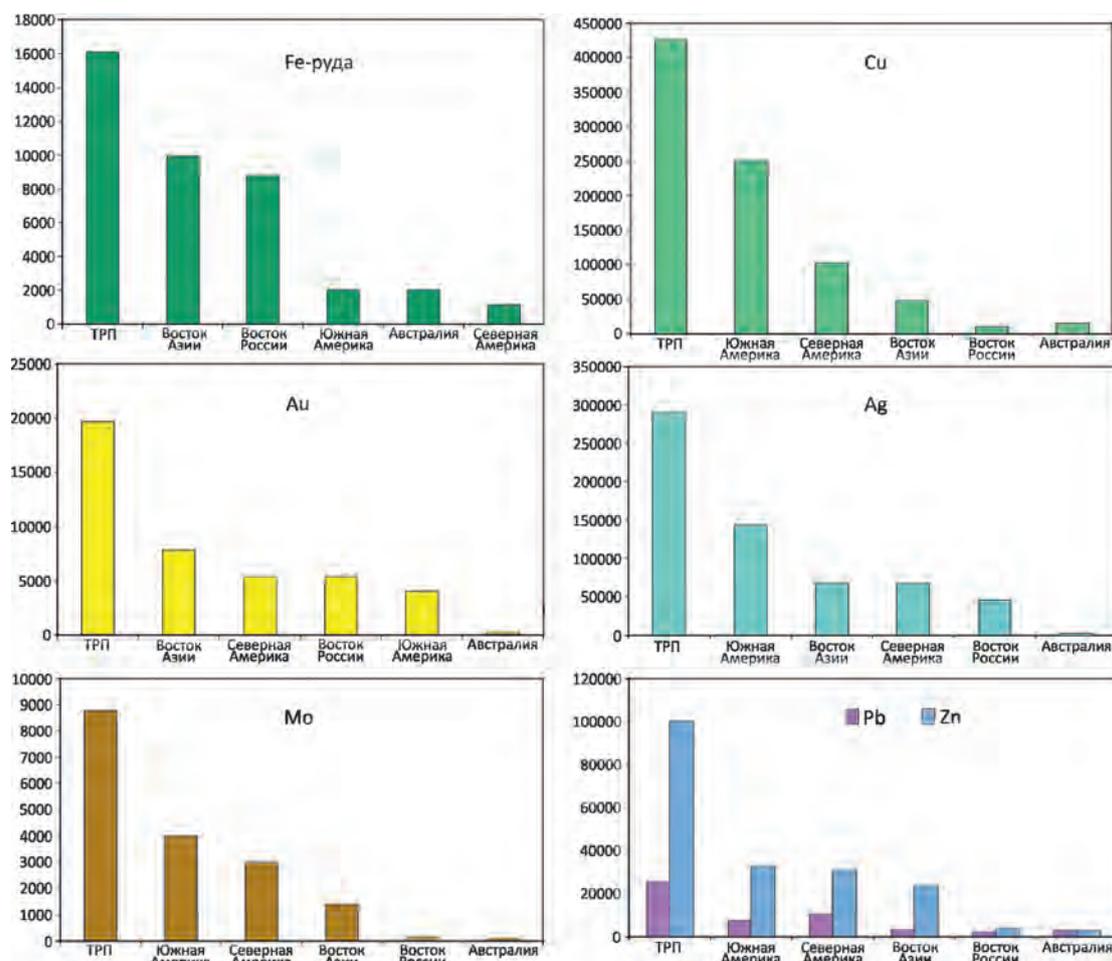


Рис. 6. Распределение активных запасов стратегических металлов по сегментам ТРП (большинство запасов в тыс. т)

горнорудном районе Приморского края – Дальнегорском (скарновые месторождения Николаевское, Партизанское и др.). В 2015 г. было добыто: Pb – 17,6 тыс. т, Zn – 23,0 тыс. т [2]. Из свинцового концентрата попутно извлекаются Ag, Au и Bi, из цинкового – Cd и Ag. Концентраты отправляются на экспорт морскими судами в страны Азиатско-Тихоокеанского региона: Республику Корея, Японию, КНР.

Молибден. Доля ТРП в производстве молибдена составляет 67% от мирового, а запасы – 51% от мировых. Более 42% производства приходится на Южную Америку, ~32% – на Северную Америку и оставшаяся часть – на Восток Азии, включая российский сектор. В австралийском сегменте молибден не добывается. Примерно также распределены и активные запасы (45%, 34% и 15%) в перечисленных выше сегментах ТРП. Доли Востока России и Австралии в запасах ТРП равны и составляют суммарно 6% (см. рис. 6).

Сурьма. Доля ТРП в производстве Sb составляет ~92% от мирового, а запасы – ~86% от мировых. Более

92% производства приходится на Восток Азии, включая российский сектор (7%), и оставшаяся часть примерно в равных долях – на австралийский и южноамериканский сегмент. Активные запасы распределены по сегментам ТРП следующим образом: Восток Азии – 60%, включая 15% российских, Южная Америка – 29%, Австралия – 11% (см. рис. 6).

Другие металлы. Ниже приведена краткая характеристика добычи и запасов ряда металлов в ТРП, не приносящих больших прибылей, но значимых для высокотехнологичных отраслей мировой экономики.

По данным выполненного анализа, доля производства этих металлов и полуметаллов в ТРП по сравнению с мировой (в %) следующая: Al 4,2; Mn 4,2; U 6,5; МПГ 7,2; W 12,6; В 18,8; Ni 38; Se 39; Li 45,6; Cd 52; Hg 54,4; Bi 61; Sn 73,4; Be 74; Re 76; Ge 79; PЗМ 82,3. А доля запасов (см. рис. 4): Mn 9,4; U 18,7; МПГ <0,1; W 69; В 8,1; Li 96,4; Sn 76; PЗМ 63,6.

Восток России по аналогии с североамериканским сегментом ТРП перспективен на открытие уникальных

берtrandитовых вулканогенных месторождений бериллия как в рудном районе Спур Маунтин (Spur Mountain, Юта) [15]. Из руд последнего производится 70% Ве в мире. Восток России по аналогии с южноамериканским сегментом также перспективен на открытие богатых месторождений окисных руд (Mn 40±8%) как в районе Кокибо (Чили), используемых без обогащения. На Востоке России реально открытие и богатых месторождений РЗМ, сходных с китайскими объектами [4].

Таким образом, современное состояние минерально-сырьевой базы ТРП по сравнению с глобальной вполне удовлетворительное и обеспечивает устойчивое развитие экономики стран в его пределах (см. рис. 3). Такую же оценку можно дать и по отдельным сегментам ТРП. Как показал сравнительный анализ, выполненный по основным металлам, минеральное богатство достаточно равномерно распределено по трём основным субъектам ТРП (Южная, Северная Америка и Восточная Азия). Необходимо отметить, что Австралийский сегмент играет в ТРП незначительную роль.

Восток России, занимая территорию по площади в 2 раза превышающую южноамериканский сегмент ТРП и практически равную североамериканскому сегменту (см. рис. 1), существенно отстает от них как по запасам, так и по добыче основных металлов. В работах авторов данной статьи [1, 5, 8, 10, 11, 13 и др.] неоднократно обращалось внимание на слабую изученность таких весьма перспективных регионов, как внутренняя зона ОЧВП, а также Корякии и Камчатки.

Глобальная металлогеническая однородность ТРП позволяет предположить широкое развитие аналогов американских месторождений в его азиатской половине, в том числе и в северо-западном его отрезке – на Востоке России. Во внутренней зоне последнего весьма реальны перспективы открытия новых колчеданных месторождений (типа Куроко) и их сателлитов, а также месторождений Fe-Cu-Au окисных, Cu-Ag типа Манто, скарновых и других, широко развитых в американской половине ТРП. Внешняя зона российского сектора ТРП перспективна на открытие месторождений золота Карлинского типа, богатых комплексных скарновых месторождений, уникальных берtrandитовых месторождений Ве типа Спур Маунтин, месторождений богатых окисных марганцевых руд типа Кокимбо, а также богатых месторождений РЗМ и других.

Высокие темпы роста горнодобывающей промышленности в ТРП демонстрируют Китай, Мексика, Чили и Перу. Хороший потенциал роста добычи Au, Ag, Cu, Mo, Zn, Pb и железных руд в ближайшей перспективе имеет Восток России, где открыты, разведаны и подготовлены к отработке несколько крупных месторождений, вводу в строй которых препятствует только слабо развитая инфраструктура.

Несомненно, что огромный потенциал ещё неоткрытых месторождений Востока России заслуживает большего внимания корпорации «Росгеология» и дру-

гих российских и зарубежных геологоразведочных и горнодобывающих компаний. Здесь возможно открытие нескольких новых рудных районов и крупных месторождений стратегических металлов в их пределах. В ближайшие годы добыча таких металлов в странах ТРП может увеличиться в 1,5–2 раза. Это позволяют имеющиеся активные запасы. Огромным потенциалом для развития горнодобывающей промышленности обладает Восток России.

Исследования выполнены в рамках темы Госзадания ИГЕМ РАН (№ АААА-А18-118021590164-0).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков А.В., Сидоров А.А., Старостин В.И. Металлогения вулканогенных поясов и зон активизации. – М.: «МАКС Пресс», 2014.
2. Вологин В.Г., Лазарев А.В. Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы Дальневосточного Федерального округа. <http://minexforum.com/document-type/publications/>
3. Государственный доклад. О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2015 г. – М.: ФГБУ «ВИМС», 2017.
4. Каиуба С.Г., Иванов В.Н., Дудкин Н.В. Итоги добычи золота в РФ в 2016 году // Золото и технологии. 2017. № 1(35). С. 3–13.
5. О металлогенической роли кратонных террейнов в окраинноморской литосфере (на примере Северо-Востока России) / А.А.Сидоров, А.В.Волков, А.Д.Чехов, В.Ю.Алексеев // ДАН. 2010. Т. 430. № 4. С. 523–528.
6. Середин В.В., Кременецкий А.А., Трач Г.Н. Новый потенциально-промышленный тип иттриево-земельной минерализации в Юго-Западном Приморье // Разведка и охрана недр. 2006. № 9–10. С. 35–41.
7. Радкевич Е.А. Металлогенические провинции Тихоокеанского рудного пояса. – М.: Наука, 1977.
8. Сидоров А.А., Волков А.В. Металлогения окраинноморской литосферы (Северо-Восток России) // Литосфера. 2015. № 1. С. 24–34.
9. Сидоров А.А., Волков А.В. Освоение ресурсных регионов (на примере Аляски и Чукотского АО) // Вестник Российской Академии наук. 2008. Т. 78. № 10 С. 867–874.
10. Сидоров А.А., Волков А.В., Алексеев В.Ю. Зоны активизации и вулканизм // Вулканология и сейсмология. 2013. № 3. С. 3–14.
11. Сидоров А.А., Старостин В.И., Волков А.В. Рудноформационный анализ. – М.: Макс-Пресс, 2011.
12. Смирнов С.С. О Тихоокеанском рудном поясе // Известия АН СССР. Серия геол. 1946. № 2. С. 13–27.
13. Чехов А.Д., Сидоров А.А. О тектонической природе Яно-Кольмского золотоносного пояса // ДАН. 2009. Т. 424. № 3. С. 369–373.
14. Athey J.E., Freeman L.K., Harbo L.A. Alaska's Mineral Industry 2013 // Special Report. 69. 2014.
15. Mineral commodity summaries 2018. Reston, Virginia: U.S. Geological Survey. 2018.
16. Tupkary R.H., Tupkary V.R. Introduction to Modern Iron Making. Boston: Khama Publisher, 2016.