

doi: 10.12029/gc20220902001

刘金龙, 董存杰, 周永恒, 李仁民. 2025. 俄罗斯地质背景及优势金属矿产分布规律[J]. 中国地质, 52(4): 1287–1312.

Liu Jinlong, Dong Cunjie, Zhou Yongheng, Li Zhumin. 2025. Geologic setting and principal metal mineral resources distribution regularities of Russian[J]. *Geology in China*, 52(4): 1287–1312(in Chinese with English abstract).

俄罗斯地质背景及优势金属矿产分布规律

刘金龙, 董存杰, 周永恒, 李仁民

(中国地质调查局沈阳地质调查中心, 辽宁 沈阳 110000)

摘要:【研究目的】俄罗斯矿产资源十分丰富, 在全球矿业市场占有重要地位。新形势下, 了解俄罗斯地质背景、矿床成因类型和地质特征等, 对提升区域基础地质研究水平和促进中俄国际矿业合作具有重要意义。【研究方法】本文对俄罗斯的地质背景进行了总结, 并对优势金属矿产的空间分布、资源禀赋、成因类型、地质特征等进行了梳理。【研究结果】研究区经历了古大陆岩石圈的裂解和拼合导致多期活化, 为矿床形成奠定了物质基础, 优势金属矿产有铂族、稀有金属、钛、金、铁、钨、锌、银、铅、铜、镍、锡、锆、钼等, 其中铂族储量占全球 37%。【结论】俄罗斯矿产的形成具有时空专属性。太古宙—古元古代时期, 形成 BIFs 矿床、硫化物型 Cu–Ni–PGE 矿床、砂岩型铜矿床。中元古代形成岩浆型铬铁矿和钛铁矿, 大量砂卡岩型、伟晶岩型、热液型和喷流沉积型矿床。古生代—早中生代, 形成岩浆型 Fe–Ti–V 矿床、喷流沉积型 Cu–Zn–Au 矿床、砂卡岩型 Fe、Cu、W 等多金属矿床、热液脉型 Au 矿床等、硫化物型 Cu–Ni–PGE 矿床。中生代成矿期主要矿床有热液脉、斑岩/砂卡岩型金、银、铜、钼、钨、锡等矿床(点)。

关键词: 地质背景; 资源禀赋; 东欧地台; 西伯利亚地台; 地质调查工程

创新点: 本文总结了俄罗斯地质背景, 系统梳理优势金属矿产空间分布及地质特征, 优势金属矿产有铂族、稀有金属、钛、金、铁、钨、锌、银、铅、铜、镍、锡、锆、钼等。

中图分类号: P618.2 文献标志码: A 文章编号: 1000–3657(2025)04–1287–26

Geologic setting and principal metal mineral resources distribution regularities of Russian

LIU Jinlong, DONG Cunjie, ZHOU Yongheng, LI Zhumin

(Shenyang Center, China Geological Survey, Shenyang 110000, Liaoning, China)

Abstract: This paper is the result of geological survey engineering.

[Objective] Russia is rich in mineral resources and occupies an important position in the global mining market. Under the new situation, understanding the geological background, genetic types and geological characteristics of mineral deposits in Russia is of great significance for improving the level of regional basic geological research and promoting the international mining cooperation between China and Russia. **[Methods]** This paper summarized the geological background of Russia, and sorted out the spatial distribution, resource endowments, genetic types, and geological characteristics of principal metal mineral resources. **[Results]** The study area has experienced multi-stage activation due to the cracking and splicing of the ancient continental lithosphere, which has

收稿日期: 2022–09–02; 改回日期: 2022–10–09

基金项目: 中国地质调查局项目(DD20221806)资助。

作者简介: 刘金龙, 男, 1988 年生, 高级工程师, 主要从事区域地质矿产调查与研究工作; E-mail: liujinlong0815@yeah.net。

通信作者: 董存杰, 男, 1969 年生, 高级工程师, 主要从事矿产普查工作、区域成矿作用研究; E-mail: 992297475@qq.com。

laid a material foundation for the formation of ore deposits. The principal minerals include platinum group, rare metals, titanium, gold, iron, tungsten, zinc, silver, lead, copper, nickel, tin, zirconium, molybdenum, etc. Platinum group reserves account for 37% of the world. **[Conclusions]** The formation of Russian minerals is unique in time and space. During the Archean–Paleoproterozoic period, BIFs deposit, sulfide–type Cu–Ni–PGE deposit and sandstone type copper deposit were formed. In the Middle Proterozoic, magmatic chromite and ilmenite were formed, and a large number of skarn–type deposits, pegmatite deposits, hydrothermal deposits and Sedex deposits were formed. From the Paleozoic to the Early Mesozoic, magmatic type Fe–Ti–V deposit, sedex Cu–Zn–Au deposit, skarn type Fe, Cu, W polymetallic deposit, hydrothermal vein type Au deposit, sulfide type Cu–Ni–PGE deposit were formed. During the Mesozoic metallogenic period, gold, silver, copper, molybdenum, tungsten and tin mineralization of hydrothermal vein and porphyry/skarn types were mainly formed.

Key words: geological setting; resources endowment; eastern European platform; Siberian platform; geological survey engineering

Highlights: This paper summarized the geological background of Russia, and systematically sorted out the spatial distribution and geological characteristics of principal metal mineral resources. The principal metal minerals include platinum group, rare metals, titanium, gold, iron, tungsten, zinc, silver, lead, copper, nickel, tin, zirconium, molybdenum and so on.

About the first author: LIU Jinlong, male, born in 1988, senior engineer, mainly engaged in regional geological mineral survey and research; E-mail: liujinlong0815@yeah.net.

About the corresponding author: DONG Cunjie, male, born in 1969, senior engineer, mainly engaged in mineral prospecting and regional mineralization research; E-mail: 992297475@qq.com.

Fund support: Supported by the project of China Geological Survey (No.DD20221806).

1 引言

俄罗斯国土面积十分辽阔, 横跨欧洲东部和亚洲大陆北部, 受多期次和长时间构造变动、沉积作用和岩浆活动的影响, 形成了丰富的矿产资源, 具有种类多、储量大、自给程度高等特点(Кириков et al., 2017)。大地构造上, 可划分为东欧地台、西伯利亚地台, 以及乌拉尔—蒙古活动带、地中海活动带、环太平洋活动带(Расказов and Чувашова, 2013), 区域经历了古大陆岩石圈的裂解和拼合导致多期活化, 为矿床形成奠定了物质基础。对于俄罗斯地质的研究, 最活跃的时期是 20 世纪 40 至 80 年代, 苏联解体后曾出现过地质工作的全面大衰退。20 世纪 90 年开始, 俄罗斯陆续开展了区域成矿学、地球物理、区域动力学等研究, 并先后与蒙古、中国、韩国、日本和美国地质学家们开展国际合作, 对其构造、岩浆、深部构造以及成矿作用等诸多方面做出了崭新的系统总结(Nokleberg et al., 2000; Rodionov et al., 2005)。近年来, 国内形成了一些关于俄罗斯地质研究的重要资料(周永恒等, 2013, 2018a, 2018b; 鲍庆中等, 2015; 柴璐等, 2017; 阎鸿铨, 2019), 但是对俄罗斯地质成矿作用的认

识, 尤其是全境尺度方面研究尚显不足, 相关的研究工作亟待加强。

从矿产禀赋方面看(图 1, 表 1)(Петров and Тетенькин, 2021), 俄罗斯金属矿产极其丰富, 截至 2021 年 1 月 1 日, 储量达到或超过全球储量 15% 以上的金属矿产有铂族、稀有金属、钛、金, 达到或超过全球储量 10% 以上的金属矿产有铁、钨、锌、银, 达到或超过全球储量 5% 以上的金属有铅、铜、镍、锡、锆、钼。产量方面, 2020 年产量达到或超过全球产量 15% 以上的金属矿产有铂族, 达到或超过全球产量 10% 以上的金属矿产有金, 达到或超过全球产量 5% 以上的金属矿产有镍、银、铜。俄罗斯所生产的矿产除供本国消费以外, 大量销往世界各地, 奠定了其全球矿业供应市场重要供应者地位。如俄罗斯是全球镍、金、铂族金属的主要供应国, 同时是铁精矿、精炼铜、铅精矿等的重要供应国。其中, 铜、镍、铂、金、银主要出口欧洲和中国, 其次为日本和韩国, 铁精矿、铅精矿和钨精矿主要出口中国。

作为俄罗斯的重要邻国, 中国正处于工业化发展的关键上升时期, 关键矿产资源总体消费量已接近全球工业化国家消费量总和, 关键矿产资源的供求关系矛盾已成为制约中国实施资源安全战略的问题。目前, 中俄关系正处于历史最好时期, 具有

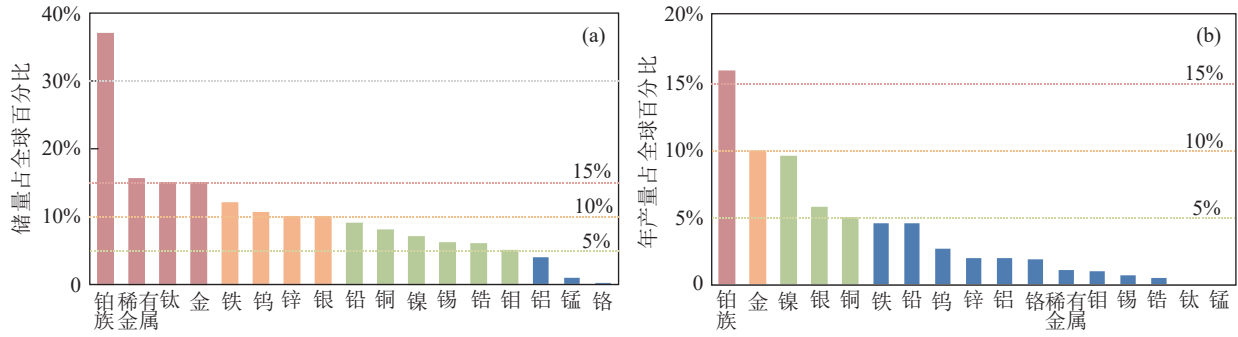


图 1 俄罗斯金属矿产储量占全球百分比(a)和 2020 年产量占全球百分比(b)
Fig.1 Russia's metal mineral reserves (a) and 2020 production (b) as a percentage of the world

表 1 俄罗斯金属矿产储量和产量情况 (Петров and Тетенькин, 2021)

Table 1 Metal mineral reserves and production datas of Russia (Петров and Тетенькин, 2021)

矿种	储量 (截至2021年1月1日)				2020年产量		
	A+B+C ₁	C ₂	单位	占全球百分比/%	产量	单位	占全球百分比/%
铁矿石	583.4	540.2	亿t	12	1.1	亿t	4.6
锰矿石	13750.0	14600.0	万t	1	—	—	—
铬矿石	1842.0	3335.0	万t	0.2	60	万t	1.9
钛 (TiO ₂)	25710.0	34980.0	万t	15	0.31	万t	0.03
铜	7262.0	2540.0	万t	8	92.4	万t	5
镍	770.0	—	万t	7	23.4	万t	9.6
铅	999.6	719.6	万t	9	20.1	万t	4.6
锌	4070.2	1799.6	万t	10	26.1	万t	2
锡	158.3	53.3	万t	6.1	0.26	万t	0.7
钨 (WO ₃)	93.8	37.9	万t	10.6	0.29	万t	2.7
铝土矿	10.9	2.8	亿t	4	750	万t	2
钼	149.6	71.2	万t	5	0.17	万t	1
锆 (ZrO ₂)	618.4	628.4	万t	6	0.6	万t	0.5
稀有金属 (∑TR ₂ O ₃)	1938.0	1239.8	万t	15.6	0.27	万t	1.1
金	8853.9	6466.0	t	15	309	t	10
银	58119.3	64697.2	t	10	138	t	5.8
铂族金属	11384.2	4512.8	t	37	6.24	t	16
铂族							
铂	2748.8	901.6	t	—	—	—	—
钯	8545.4	2938.2	t	—	—	—	—

广泛的共同利益,俄罗斯是世界重要的采矿、加工和资源输出国家,中国是世界最大的消费国,二者经济高度互补且互为重要市场,开展互利合作具有得天独厚的区位优势。

因此,本文对俄罗斯成矿地质背景、优势金属矿产分布、资源禀赋、地质特征等进行了系统论述,旨在提高国内专家对俄罗斯地质矿产的认知水平,促进中俄国际矿业合作,为中国地勘单位和矿山企业“走出去”提供支撑。

2 俄罗斯地质概况

俄罗斯大部分地区在构造划分上包括两个古

地台、三个不同时期的活动带(图 2a、b)。两个古地台即东欧地台和西伯利亚地台,四周被准地台围绕,它们具有早前寒武纪结晶基底和前寒武纪晚期—显生宙沉积盖层特征(Кириков et al., 2017)。俄罗斯北部是北冰洋的被动大陆边缘,陆地的板块构造单元是大陆架海域的底部延伸,东部外围是太平洋活动带。

三个活动带即乌拉尔—蒙古活动带、地中海活动带、环太平洋活动带(Расказов and Чувашова, 2013)。乌拉尔—蒙古活动带东北部与西伯利亚地台交界,西部与东欧地台相接,分界线是乌拉尔前缘拗陷,南部与华北地台相邻。地中海的活动带(特



图2 欧亚大陆构造简图(a)(Li, 2006)和俄罗斯大地构造划分示意图(b)(Ханн, 2019)

Fig.2 Schematic diagram of Eurasian continental structure (a, after Li, 2006) and schematic diagram of the tectonic division of Russia (b, after Ханн, 2019)

提斯带)贯穿欧亚大陆南部和东南,位于东欧地台和华北地台以南,非洲—阿拉伯和印度地台以北,可能在新元古代中期接受沉积。环太平洋活动带处于太平洋西缘,欧亚大陆东部(图2a)(Шевченко et al., 2014)。

2.1 东欧地台

东欧地台及其毗邻区的准地台几乎占据了俄罗斯整个欧洲部分,地台具有太古宙和古元古代变质基地。在地台大多数地区,基底被上覆沉积层所覆盖。盖层由近水平或缓倾斜的新元古界、古

生界、中生界和新生界组成。岩浆活动阶段性和局部性的出现, 最强烈的两个时期是中元古代—新元古代和泥盆纪—石炭纪, 而晚古生代和中生代岩浆活动在地台及周边局部发育(Панина et al., 2016)。

东欧地台最大的构造单元是位于西北部的波罗的地盾和中、东部的俄罗斯台地。波罗的地盾覆盖了俄罗斯最西北地区的科拉半岛和卡累利阿, 绝大部分是由太古宙及古元古代变质岩及侵入岩构成, 主要岩石包括片麻岩、花岗岩、结晶页岩、角闪岩等, 少数地区存在新元古代和古生代岩石。在地盾的不同地区, 基底被新元古代—古生代超基性—基性侵入体切穿。

俄罗斯台地大部分基底主要由片麻岩、花岗片麻岩、斜长角闪岩及结晶片岩组成, 变质程度为麻粒岩相及角闪岩相。基底顶面起伏不平, 盖层下部层位属于里菲系和下文德统, 上覆上文德统和显生宇。

在东欧地台周围, 还有在构造位置、性质和演化等方面介于地台和活动带之间的准地台。如东南部的顿涅茨克—北乌斯秋准地台、东北部的季曼—伯朝拉—巴伦支海准地台, 其间被新元古代和古生代褶皱带所分割(Баранов, 2016)。

东欧地台中太古宙主要的构造带的带状或透镜轮廓, 近平行的构造界面, 均说明太古宙水平方向运动的存在。台地范围的太古宙线性带体系中分布火山岩及基性—超基性侵入体, 与基底水平拉张有关。

东欧地台的古元古代历史可分 3 个阶段: 2.6 Ga 至 2.2~2.3 Ga、2.2 Ga 至 1.8~1.9 Ga、1.8~1.9 Ga 至 1.6~1.7 Ga。在第一、二阶段中, 拉张条件发生并发育不同类型的拗陷。在许多情况下, 沉降伴随以强烈火山活动; 第二阶段末期发生挤压变形, 广泛发育花岗岩深成作用及区域变质作用; 第三阶段地台的大部分地区以构造稳定性增强为特征, 只是在地台西部地壳受到构造热事件作用(Соколовский et al., 2003)。

在古元古代与新元古代之交, 东欧地台基底克拉通化阶段结束。地壳的热状况和构造活动性明显降低, 进入了平静的地台发展时期。在新元古代, 东欧地台及其边缘基本形成乌拉尔—蒙古活动带、北大西洋活动带及地中海(古特提斯)活动带基

本格局(Макарова and Суханова, 2017)。

此后, 区域进入在地台大阶段, 可分出 3 个主要阶段, 包括加里东旋回、海西旋回和阿尔卑斯旋回等。每个阶段在地台地质发展上, 表现为垂直运动和沉积作用的大旋回, 形成其特征的隆起带和拗陷带分布格局。

2.2 西伯利亚地台

西伯利亚地台主体部分位于叶尼塞河与勒拿河之间, 比东欧地台略小, 二者在构造上有很多相似之处。地台基底是由深度变质的太古宙和古元古代岩石组成, 在三个区域出露地表, 分别是东南部的阿尔丹—斯塔诺夫地盾、北部的阿纳巴尔地盾、以及东北边缘的奥列尼奥克地盾(Еремин and Шабалин, 2017)。其余地区被新元古代—显生宙沉积盖层所覆盖, 整个盖层平均厚度相近, 组成了巨大的勒拿—叶尼塞台地(Тонких et al., 2011)。

阿尔丹—斯塔诺夫地盾出露面积最大, 主要是太古宙变质岩和火成岩, 少量古元古代变质岩和火成岩, 被大量中生代酸性侵入体所穿插(Горошко et al., 2017)。阿纳巴尔地盾主要是太古宙阿纳巴尔杂岩体的深度变质岩石, 并可以与阿尔丹杂岩对比。奥列尼奥克地盾发育一套复理石型的古元古代陆源沉积地层, 岩性有砂岩、粉砂岩、千枚岩及酸性喷出岩夹层, 发生绿片岩相变质(Сергеева et al., 2018)。

在西伯利亚地台的周边还发育一些准地台, 在西北部有泰梅尔—北地褶皱区, 该区发育太古宙—古元古代深变质地盾和地台盖层。萨彦—叶尼塞准地台从西面和南西面, 将西伯利亚地台与乌拉尔—蒙古活动带分隔开来(Еремин and Шабалин, 2017)。

在太古宙末—古元古代初, 西伯利亚地台许多地段经历了拉伸和破裂作用过程, 并被大量具有不同方向几乎呈直线延伸的断层所破坏, 沿这些断层产生了窄而深的地堑式拗陷, 堆积了巨厚的基性和酸性熔岩层、陆源岩石、铁硅质岩石以及少量碳酸盐岩。在中—新元古代, 西伯利亚地台表现为大部分地区处于上升状态, 随后间断性下沉。此后, 西伯利亚地台构造演化可分为加里东期、海西期(泥盆纪—三叠纪)、中生代(侏罗纪—白垩纪)和新生代时期(Барышев et al., 2009)。

2.3 乌拉尔—蒙古活动带

乌拉尔—蒙古活动带横跨欧亚大陆, 从巴伦支

海到鄂霍次克海,大部分位于俄罗斯境内,东南小部分分布在蒙古和中国北部地区。活动带可分为南北两段,北段将东欧地台和西伯利亚地台分离开来,南段介于西伯利亚地台与中朝克拉通之间。活动带最早发育始于元古宙晚期,经历了萨拉伊尔期、加里东期、海西期、早阿尔卑斯和晚阿尔卑斯几个构造期,部分地区被年轻的西西伯利亚地块和伯朝拉—巴伦支准地台所占据(Рассказов and Чувашова, 2013; Караулов, 2014)。

乌拉尔活动带东部衔接两个准地台:一个是贝加尔准地台,位于乌拉尔—蒙古活动带北缘和西伯利亚地台之间;另一个是布列亚—东北(中国)准地台,位于乌拉尔—蒙古活动带东段,将乌拉尔—蒙古活动带与环太平洋活动带分开(Рассказов and Чувашова, 2013; Чувашова et al., 2017)。

2.4 环太平洋活动带

环太平洋活动带位于西伯利亚地台、布列亚和兴凯前寒武纪地块东面,由若干个褶皱区组成。可划分为上扬斯克—楚科奇拼贴带(侏罗纪—白垩纪)和鄂霍茨克—堪察加拼贴带(白垩纪)。上扬斯克—楚科奇拼贴带包括上扬斯克被动陆缘带、上扬斯克—科雷马拼贴带、科雷马—奥莫隆地体、南阿纽伊构造拼贴带、楚科奇拼贴带。鄂霍茨克—堪察加拼贴带包括鄂霍茨克海地体、鄂霍茨克—楚科奇火山深成岩带、科里亚克拼贴带、堪察加拼贴带(Шевченко et al., 2014)。

中生代上扬斯克—楚科奇碰撞拼贴系统从中侏罗世开始直至整个白垩纪期间,逐渐向欧亚大陆碰撞拼贴,形成上扬斯克—楚科奇造山带。该造山带具有漫长的演化历史和巨大的规模,而且其形成时间与亚洲东部构造岩浆活动的时间段非常吻合。鄂霍茨克—楚科奇火山岩带是早白垩世晚期—晚白垩世(或古近纪)叠加于欧亚大陆之上的安第斯型火山岩带(Алексеев, 2020)。

3 优势矿产分布及地质特征

3.1 黑色金属

3.1.1 铁矿

俄罗斯铁矿成因类型主要有 BIF、矽卡岩型、岩浆型及沉积型(风化壳型),其中 BIF 为主要类型,近三分之二的铁矿采自该类型(Петров and

Тетенькин, 2021)。这些矿床主要分布在五个地区:库尔斯克—别尔哥罗德地区、斯维尔德洛夫斯克—车里雅宾斯克地区、卡累利阿—摩尔曼斯克地区、远东地区和西伯利亚地区,其中前三个地区最为重要(图 3,表 2)。

库尔斯克—别尔哥罗德地区的库尔斯克磁异常是世界上最大的铁矿盆地,铁储量占全俄 62.9%。该区大地构造上位于沃罗涅什台背斜中,下部为前寒武纪结晶基底,上部为缓倾斜的早石炭世、侏罗纪、白垩纪、古近纪和第四纪沉积物覆盖。铁矿床成因类型有 BIF 和 风化壳型两种,前者铁矿床在结晶基底内发育,赋存在古元古代库尔斯克群中(Савко and Овчинникова, 2020)。库尔斯克群下部主要为砂质板岩,厚度 500~4000 m;中部为含铁层位,由含云母磁铁矿、磁铁矿和低品位石英岩组成,总厚度 500~600 m;上部为石英绢云母千枚岩、碳质页岩夹白云岩,总厚度约 700 m。铁矿床以两条近平行的北西向成矿带分布,一条长 400 km,宽 1~25 km,另一条长 700 km,宽 2~40 km。主要矿床有米哈伊洛夫(铁矿石 A+B+C₁ 储量 75.4 亿 t)、列别金(铁矿石 A+B+C₁ 储量 69.1 亿 t)、斯托伊兰(铁矿石 A+B+C₁ 储量 62.9 亿 t)、科罗布科夫(铁矿石 A+B+C₁ 储量 29.8 亿 t)、普里奥斯科尔(铁矿石 A+B+C₁ 储量 15.6 亿 t)等(Гзогян, 2001; Абсатаров and Мосейкин, 2008)。另外,风化壳型铁矿床埋藏较深,水文地质条件和采矿地质条件较差,代表矿床有戈斯蒂舍夫(铁矿石 A+B+C₁ 储量 26 亿 t)、雅科夫列夫(铁矿石 A+B+C₁ 储量 18.7 亿 t)、维斯沃斯卡(铁矿石 A+B+C₁ 储量 14.5 亿 t)等矿床(Полухин and Петин, 2016; Савко and Овчинникова, 2020)。

斯维尔德洛夫斯克—车里雅宾斯克地区铁储量占全俄约 15%,铁矿床成因类型有岩浆型(钒钛磁铁矿)和矽卡岩型。前者是该区主要成矿类型,代表性矿床有索布斯特文诺—卡奇卡纳尔(铁矿石 A+B+C₁ 储量 36 亿 t)、古谢沃戈尔(铁矿石 A+B+C₁ 储量 18.7 亿 t)、苏罗亚姆(铁矿石 A+B+C₁ 储量 17.9 亿 t),三个矿床储量之和约占该区的 80%(Савельев and Блинов, 2020)。索布斯特文诺—卡奇卡纳尔和古谢沃戈尔成因上与早古生代卡奇卡纳尔(Kachkanar)基性—超基性岩体有关,

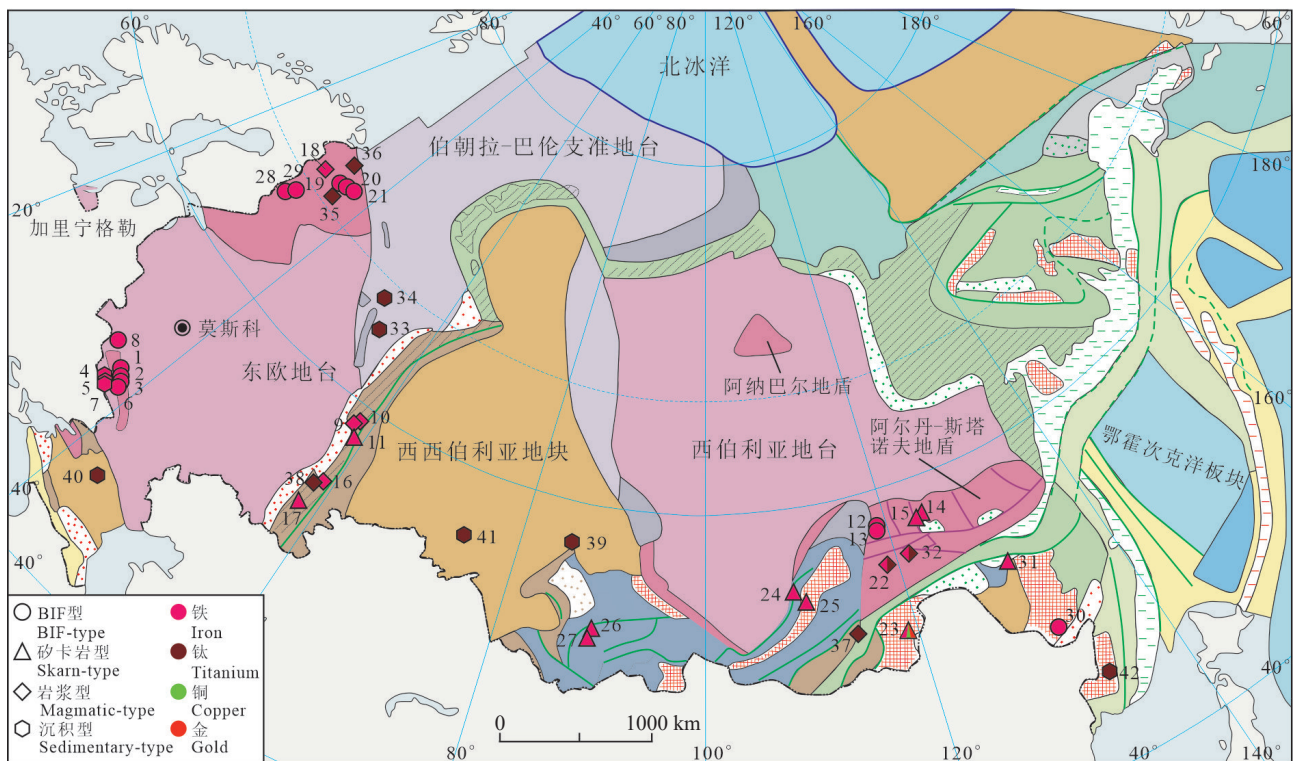


图 3 俄罗斯主要铁、钛矿床分布图(Петров and Тетенькин, 2021, 及表 2、表 3 中参考文献; 图例参考图 2b)
Fig.3 Distribution map of major iron and titanium deposits in Russia (Петров and Тетенькин, 2021, and references in Table 2 and 3; the legends are shown in Fig.2b)

矿化发育在辉石岩相中,具岩浆结构。苏罗亚姆成因上与新元古代—早古生代苏罗亚姆(Suroyamsk)碱性辉石岩有关(Исламов et al., 2021)。另外,该区的矽卡岩型磁铁矿也有一定价值,代表的有戈罗布拉戈达(铁矿石 A+B+C₁ 储量 0.7 亿 t)、马利奎巴斯山(铁矿石 A+B+C₁ 储量 0.2 亿 t)矿床等(Сурин, 2020)。

卡累利阿—摩尔曼斯克地区铁储量占全俄 3.2%,但是产量占 18.5%,品位普遍不高,一般在 25%~32%,主要成因类型是 BIF 和岩浆型。在东欧地台波罗的海地盾的卡累利阿地块(花岗岩—绿岩区域)地区, BIF 型铁矿床赋存在新太古代吉莫尔斯卡娅(Gimolskaya)群中,如科斯托穆克沙(铁矿石 A+B+C₁ 储量 7.4 亿 t)、科邦(铁矿石 A+B+C₁ 储量 1.8 亿 t)矿床等(Козлова, 2013; Арестова et al., 2020)。而科拉半岛的 BIF 型铁矿赋存在科拉(Kola)群中,以奥列涅戈尔(铁矿石 A+B+C₁ 储量 34.2 亿 t)、共青团(铁矿石 A+B+C₁ 储量 1.1 亿 t)、基洛沃戈尔(铁矿石 A+B+C₁ 储量 0.09 亿 t)等矿床

为代表(Дунаев and Игнатенко, 2011)。卡累利阿—摩尔曼斯克地区的岩浆型铁矿床有科夫多磷灰石—磁铁矿—ZrO₂ 矿床(铁矿石 A+B+C₁ 储量 6.6 亿 t)和阿非利坎多夫斯钙钛矿—钛磁铁矿为代表,前者成因与早古生代碱性—超基性侵入体有关,矿化体长约 1.8 km,矿石矿物有磷灰石—镁橄榄石—磁铁矿、镁橄榄石—磁铁矿和金云母—磷灰石—镁橄榄石—磁铁矿(Лиферович et al., 2000)。阿非利坎多夫斯钙钛矿—钛磁铁矿形成于古火山机构,成因上与岩浆岩有关。

此外,俄罗斯超过 10% 的铁矿储量分布在远东和西伯利亚地区,代表性矿床有萨哈(雅库特)共和国的塔林纳赫(BIF)、戈尔基(BIF)、塔耶日诺耶(矽卡岩型)和杰索夫(矽卡岩型)矿床;后贝加尔边疆区的奇涅伊(BIF)和比斯特林(矽卡岩型);伊尔库茨克州的鲁德诺戈尔(矽卡岩型)和科尔舒诺夫(矽卡岩型)矿床;克麦罗沃州的舍列格舍夫(矽卡岩型)和塔什塔戈尔(矽卡岩型)矿床;阿穆尔州的加林(矽卡岩型)和大萨伊姆(岩浆型)矿床;犹太自治区的金坎

表 2 俄罗斯主要铁矿床成因类型、储量及产量情况

Table 2 Genesis types, reserves and production of major iron deposits in Russia

序号	矿床名称		所属联邦主体	成因类型	铁矿石储量/亿t			品位/%	参考文献
	中文	俄文			A+B+C ₁	C ₂	占全俄 百分比/%		
1	列别金	Лебединское		BIF	69.1	37.3	9.5	35	Дунаев and Игнатенко, 2011
2	斯托伊兰	Стойленское		BIF	62.9	46.4	9.7	30	Никулин, 2016
3	科罗布科夫	Коробковское		BIF	29.8	6.9	3.3	33.2	Полухин and Петин, 2016
4	雅科夫列夫	Яковлевское	别尔哥罗德州	沉积型	18.7	77.4	8.5	60.5	Апхутина, 2006
5	维斯沃斯夫	Висловское		沉积型	14.5	25	3.5	60.7	Никулин, 2016
6	普里奥斯科尔	Приоскольское		BIF	15.6	6.78	2.0	37.1	Гзоян, 2010
7	戈斯蒂舍夫	Гостищевское		沉积型	26	75.6	9.0	61.6	Никулин, 2016
8	米哈伊洛夫	Михайловское	库尔斯克州	BIF	75.4	46.9	10.9	39.3	Никулин, 2016
9	古谢沃戈尔	Гусевское		岩浆型	18.7	12.9	2.8	16.6	Грязнов, 2014
10	索布斯特文诺— 卡奇卡纳尔	Собственно— Качканарское	斯维尔德洛 夫斯克州	岩浆型	36	32.7	6.1	16.6	Грязнов, 2014
11	戈罗布拉戈达	Гороблагодатское		矽卡岩型	0.7	0	0.06	33.5	Кузнецов, 2001
12	塔林纳赫	Тарынахское		BIF	9.2	18.9	2.5	28.3	Дунаев and Игнатенко, 2010
13	戈尔基	Горкитское	萨哈(雅库特) 共和国	BIF	5.9	10.3	1.4	28.5	Кузнецов, 2001
14	塔耶日诺耶	Таежное		矽卡岩型	8	5.9	1.2	39.5	Куткин, 2010
15	杰索夫	Десовское		矽卡岩型	4.3	1.3	0.5	27.9	Куткин, 2010
16	苏罗亚姆	Суоярское	车里雅宾斯克州	岩浆型	17.9	19.2	3.3	14.3	Савельев and Блинов, 2020
17	马利奎巴斯山	ГораМалыйКуйбас		矽卡岩型	0.2	0.8	0.1	39.5	Савельев and Блинов, 2020
18	科夫多	Ковдорское		岩浆型	6.6	7.2	1.2	25.2	Дунаев, 2010
19	基洛沃戈尔	Кировогорское	摩尔曼斯克州	BIF	0.09	1.6	0.2	28.2	Дунаев, 2010
20	奥列涅戈尔	Оленегорское		BIF	34.2	4	3.4	29.9	Дунаев, 2010
21	共青团	Комсомольское		BIF	1.1		0.1	29.8	Дунаев, 2010
22	奇涅伊	Чинейское	后贝加尔边疆区	岩浆型	4.6	4.7	0.8	33.5	Волкова et al., 2012
23	比斯特林	Быстринское		矽卡岩型	2.4	0.6	0.3	24.4	Федорова and Чернышова, 2009
24	鲁德诺戈尔	Рудногорское	伊尔库茨克州	矽卡岩型	1.9	0.3	0.2	31.7	Яковлев and Ермаков, 2007
25	科尔舒诺夫	Коршуновское		矽卡岩型	0.4	0	0.0	24.4	Кобелев et al., 2012
26	舍列格舍夫	Шерегешевское	克麦罗沃州	矽卡岩型	0.6	0.3	0.1	36	Корель, 1953
27	塔什塔戈尔	Таштагольское		矽卡岩型	4	3	0.6	45.5	Лобанова and Васильева, 2010
28	科斯托穆克沙	Костомукшское	卡累利阿共和国	BIF	7.4	0	0.7	32.1	Кулакова and Лозовик, 2011
29	科邦	Корпангское		BIF	1.8	0.1	0.2	32.1	Галахина and Лозовик, 2018
30	金坎	Кимканское	犹太自治区	BIF	0.7	0.4	0.1	33.1	Александров, 1935
31	加林	Гаринское	阿穆尔州	矽卡岩型	2.6	0.2		34.7	Никитина, 2014
32	大萨伊姆	Большой Сэйим		岩浆型	2.7	0.2	0.3	17.7	Мельников and Мельников, 2010

(BIF)矿床。

3.1.2 钛矿

俄罗斯钛矿床成因类型主要有岩浆型和沉积型两种,沉积型又可分为古砂岩型、滨海相沉积型、陆相沉积型三种亚类(Петров and Тетенькин, 2021)。空间分布上,钛矿床主要集中在科米共和国、摩尔曼斯克地区、后贝加尔—阿穆尔地区等(图3,表3)。

科米共和国是俄罗斯最重要的钛矿集中区,钛储量占全俄48%,代表性矿床有亚雷加(TiO₂ A+B+C₁ 储量6680万t,占全俄储量45.9%)和皮热姆(TiO₂ A+B+C₁ 储量328万t)矿床,二者均为古砂岩型(Макеев et al., 2016)。亚雷加矿床是俄罗斯最

大的钛矿床,其赋存在泥盆纪海相砂岩中,并且成因和空间上还和石油共生。矿体位于地下150~280 m,长19 km,宽3~5 km,主要矿石矿物为白钛矿,平均品位10.44%(Макеев et al., 2020)。皮热姆矿床矿石矿物主要为白钛矿和假金红石,金红石和钛铁矿较少见,锆石作为伴生成分存在,矿石中TiO₂平均含量为4.3%,ZrO₂为0.05%(Понарядов, 2017)。

后贝加尔—阿穆尔地区钛(TiO₂)储量占全俄21.8%,其成因类型均为岩浆型,并往往伴(共)生铁、钒、铜等矿产,代表性矿床有克鲁奇宁(TiO₂ A+B+C₁ 储量2480万t)、大萨伊姆(TiO₂ A+B+C₁ 储量2080万t)、奇涅伊等矿床(Trubachev et al., 2014)。克鲁奇宁钛矿成因上与辉长岩—辉石岩有

表 3 俄罗斯主要钛矿床成因类型、储量及产量情况

Table 3 Genesis types, reserves and production of major titanium deposits in Russia

序号	矿床		所属联邦主体	成因类型	TiO ₂ 储量/万t			TiO ₂ 品位 百分比/%	参考文献
	中文	俄文			A+B+C ₁	C ₂	占全俄		
33	亚雷加	Ярегское	科米共和国	沉积型	6680	21180	45.9	10.44%	Шаймаков, 2021
34	皮热姆	Пижемское		沉积型	328	955	2.1	4.27%	Макеев et al., 2016
35	洛沃泽	Ловозерское	摩尔曼斯克州	岩浆型	305	530	1.4	1.29%	Козлов and Степанов, 2002
36	东南格雷米亚卡	Юго-Восточная Гремяха		岩浆型	3970	1010	8.2	8.55%	Ибламинов, 2022
37	克鲁奇宁	Кручининское	后贝加尔边疆区	岩浆型	2480	2520	8.2	8.39%	Секисов et al., 2018
22	奇涅伊	Чинейское		岩浆型	-	-	-	-	Волкова et al., 2012
38	梅德韦杰夫	Медведевское	车里雅宾斯克州	岩浆型	2070	950	5.0	7.03%	Иванов et al., 2017
32	大萨伊姆	Большой Сэйим	阿穆尔州	岩浆型	2080	170	3.7	7.67%	Мельников and Мельников, 2010
39	图甘斯科	Туганское	托木斯克州	沉积型	250	0	0.4	19.37 kg/m ³	Рыжков and Сурначев, 1960
40	贝什帕吉尔	Бешпагирское	斯塔夫罗波尔边疆区	沉积型	40	10	0.1	24.73 kg/m ³	Чефранова et al., 2015
41	萨姆索诺夫	Самсоновское	鄂木斯克州	沉积型	-	-	-	-	Петров and Тетенькин, 2021
42	阿里阿德涅	Ариадненское	滨海边疆区	沉积型	23.9	17.4	0.1	31.78 kg/m ³	Молчанов and Медков, 2020

关, 主要为钛铁矿、钛磁铁矿, 伴生磷灰石, 该矿 TiO₂ 品位 8.39%(Павленко, 2015)。大萨伊姆矿床与辉长辉岩-辉绿岩和辉长岩-斜长岩有成因联系, 主要为钛铁矿, TiO₂ 品位 7.67%。奇涅伊矿床成因上与晚元古代闪长岩-辉长岩-苏长岩有关, 主要矿物为钛磁铁矿和钛铁矿等, 此外还伴生铜矿资源(Павленко and Шивохин, 2007)。

摩尔曼斯克地区钛储量占全俄 20.5%, 代表性矿床有东南格雷米亚卡(TiO₂ A+B+C₁ 储量 3970 万 t) 和洛沃泽(TiO₂ A+B+C₁ 储量 305 万 t) 矿床, 二者均为岩浆型(Ибламинов, 2022)。东南格雷米亚卡矿床空间上和成因上与格雷米亚卡-维姆斯(Gremyakh-Vyrmes)辉长岩-正长岩有关, 该岩体形成于 1540 Ma(Вурсий, 2000)。矿石矿物主要有钛铁矿(TiO₂ 含量 46.9%)和钛磁铁矿(铁含量 35.5%、TiO₂ 含量 9%), 并且伴生钒(V₂O₅ 品位 0.6%)、铁(铁品位 20% 到 40%~50%)、铬(Cr₂O₃ 品位 1%)、磷(P₂O₅ 品位 2.5%)等。洛沃泽成因上与海西期洛沃泽罗(Lovozero)碱性岩有关, 伴生稀土元素(Седова and Евдокимов, 2018)。

车里雅宾斯克州钛储量占全俄 5%, 代表性矿床是梅德韦杰夫(TiO₂ A+B+C₁ 储量 2070 万 t) 矿床, 为岩浆型。其成因与库辛-科蒂安基性-超基性岩体有关, 矿体主要发育在辉长岩相中, TiO₂ 品位 7.03%。

除上述地区以外, 俄罗斯还分布一些规模相对较小的钛矿床, 代表性的有托木斯克州的图甘斯科

矿床(滨海相沉积型)、斯塔夫罗波尔边疆区的贝什帕吉尔矿床(滨海相沉积型)、鄂木斯克州的萨姆索诺夫矿床(滨海相沉积型)、滨海边疆区的阿里阿德涅矿床(陆相沉积型)。

3.2 有色金属

3.2.1 铜矿

俄罗斯铜矿床成因类型有岩浆型(Cu-Ni-(PGE) 硫化物型)、沉积型(砂岩型)、喷流沉积型、斑岩和矽卡岩型, 其中前三种为铜主要来源, 而世界其他国家铜多来自斑岩型(Петров and Тетенькин, 2021)。俄罗斯铜矿床主要分布在克拉斯诺亚尔斯克边疆区、远东地区、中南乌拉尔地区、摩尔曼斯克地区(图 4, 表 4)。

克拉斯诺亚尔斯克边疆区是俄罗斯最大的铜资源集中区, 铜储量占全俄 34.7%, 该区矿床几乎均为 Cu-Ni-(PGE) 硫化物型, 成因上与三叠纪侵入到诺里尔斯克地区的暗色岩系中分异的基性-超基性侵入岩有关, 这些岩体中铬、钴、金等含量也很高。矿床主要位于岩体下部接触带和外接触带, 赋存在橄榄岩相及辉石岩相中, 呈透镜状, 矿石以磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿为主, 浸染状、块状等(Петров et al., 2013)。代表矿床有十月(铜 A+B+C₁ 储量 1387.7 万 t)、塔尔纳赫(铜 A+B+C₁ 储量 749.1 万 t)、诺里尔斯克 1 号(铜 A+B+C₁ 储量 199.6 万 t)、马斯洛夫(铜 A+B+C₁ 储量 91.1 万 t), 这些矿床铜储量之和约占全俄的 1/3, 并且与大量镍、铂族资源共生(Козлова, 2013)。

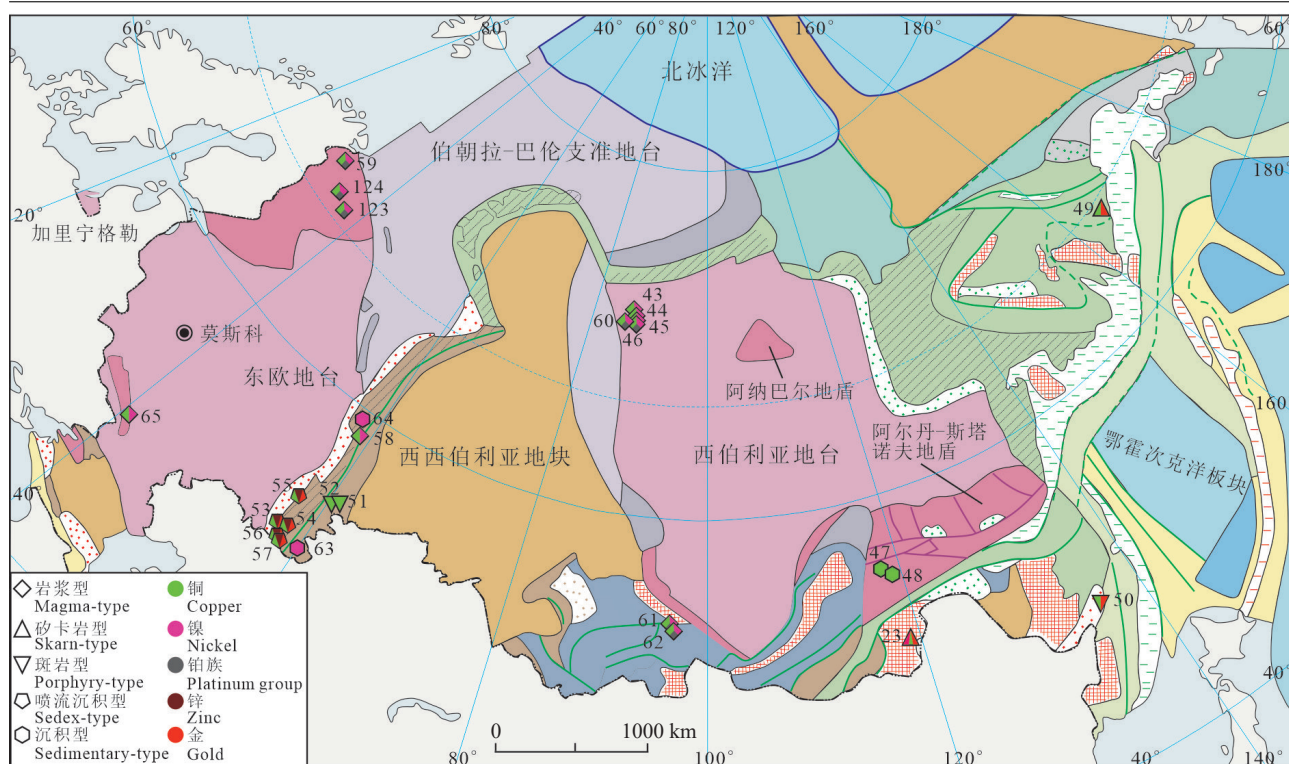


图4 俄罗斯主要铜、镍、铂族矿床分布图(Петров and Тетенькин, 2021, 及表4、表5、表10中参考文献)(图例参考图2b)
Fig.4 Distribution map of major copper, nickel and platinum group deposits in Russia (Петров and Тетенькин, 2021, and references in Table 4, 5 and 10) (the legends are shown in Fig.2b)

表4 俄罗斯主要铜矿床成因类型、储量及产量情况

Table 4 Genesis types, reserves and production of major copper deposits in Russia

序号	矿床		矿床所属联邦主体	成因类型	Cu储量/万t			品位/%	参考文献
	中文	俄文			A+B+C ₁	C ₂	占全俄百分比/%		
43	十月	Октябрьское		岩浆型	1387.7	495.5	19.2	1.61	Нестеренко, 2020
44	塔尔纳赫	Талнахское	克拉斯诺亚尔	岩浆型	749.1	251.9	10.2	1.09	Гладышев, 2008
45	诺里尔斯克I号	Норильск I	斯克边疆区	岩浆型	199.6	58.3	2.6	0.47	Лихачев, 2020
46	马斯洛夫	Масловское		岩浆型	91.1	18.7	1.1	0.53	Храмов, 2010
23	比斯特林	Быстринское		砂卡岩型	181.9	30.3	2.2	0.74	Федорова and Чернышова, 2009
47	乌多坎	Удоканское	后贝加尔边疆区	砂页岩型	1686.1	323.2	20.5	1.44	Зиновьев, 2007
48	温库尔	Ункурское		砂页岩型	-	-	-	0.78	Зиновьев, 2007
49	别斯强卡	Песчанка	楚科奇自治区	砂卡岩型	482.5	157.5	6.5	0.53	Марущенко, 2013
50	马尔梅日	Малмыжское	哈巴罗夫斯克州	斑岩型	127.1	388.5	5.3	0.41	Гурман and Полтарецкая, 2013
51	米赫耶夫	Михеевское	车里雅宾斯克州	斑岩型	110.3	88.2	2.0	0.37	Блохин and Прожерова, 2002
52	托明斯基	Томинское		斑岩型	102.3	135.4	2.4	0.45	Курчевская and Яхно, 2014
53	尤比莱诺耶	Юбилейное	巴什科尔托斯	喷流沉积型	122.1	4.5	1.3	1.66	Викентьев et al., 2011
54	波多尔斯克	Подольское	坦共和国	喷流沉积型	170.1	1.7	1.8	2.11	Комова et al., 2016
55	新乌哈林	Ново-Учалинское		喷流沉积型	68	42.2	1.1	0.99	Спирина, 2021
56	盖斯科	Гайское	奥伦堡州	喷流沉积型	399.1	47.9	4.6	1.32	Мурзабекова, 2018
57	秋天	Осеннее		喷流沉积型	-	33.6	-	3.86	Воробьева, 2004
58	沃尔科夫	Волковское	斯维尔德洛夫斯克州	岩浆型	76.1	5.7	0.8	0.63	Петров and Тетенькин, 2021
59	日丹诺夫	Ждановское	摩尔曼斯克州	岩浆型	64.1	21.8	0.9	0.31	Баянова et al., 2007

远东地区铜储量占全俄 35.8%，成因类型有沉积型、斑岩型、砂卡岩型和岩浆型。其中，沉积岩型

(砂岩型)最为重要，代表性的矿床有后贝加尔边疆区的乌多坎(铜 A+B+C₁ 储量 1868.1 万 t)、温库尔

矿床等, 乌多坎矿床是世界最大铜矿床之一, 并伴生银(Салихов, 2011)。该类铜矿形成于古元古代, 受控于乌多坎群的陆源沉积岩, 分布在科达尔—乌多坎盆地, 该盆地的两侧分别为太古宙的恰尔斯克和科达尔地块(Мезенцев, 2014)。远东地区的斑岩型和矽卡岩型铜矿床主要和侏罗纪—白垩纪的花岗岩、花岗闪长岩和辉长岩类相关, 从远东南部的锡霍特—阿林地区到北部的楚科奇地区以及堪察加地区均有分布(Зиновьев and Абрамов, 2013)。代表矿床有别斯强卡(矽卡岩型, 铜 A+B+C₁ 储量 482.5 万 t)、比斯特林(矽卡岩型, 铜 A+B+C₁ 储量 181.9 万 t)、马尔梅日(斑岩型, 铜 A+B+C₁ 储量 127.1 万 t)矿床, 其中比斯特林矿床还共生铁、金资源(Юшманов and Верещаков, 2007; Марущенко, 2013)。此外, 远东地区还发育岩浆型铜矿床, 代表性的有与古元古代基性—超基性有关的库恩—玛尼耶等 Cu—Ni 硫化物型矿床(Котельников et al., 2020)。总体而言, 远东地区广泛发育不同成因类型和不同时代的铜矿化, 但大量的有远景地区尚未开展进一步的勘查工作。

中南乌拉尔地区铜储量占全俄 18.8%, 成因类型有喷流沉积型、斑岩型和岩浆型。其中, 喷流沉积型是最重要的类型, 一般共生 Zn、Au, 主要分布在奥伦堡州和巴什科尔托斯坦地区, 代表性矿床有盖斯科(铜 A+B+C₁ 储量 399.1 万 t)、秋天、波多尔斯克(铜 A+B+C₁ 储量 170.1 万 t)、尤比莱诺耶(铜 A+B+C₁ 储量 122.1 万 t)、新乌哈林(铜 A+B+C₁ 储量 68 万 t)矿床。盖斯科 Cu—Zn—Au 矿床矿体赋存在泥盆纪安山岩—英安岩层位中, 产状与围岩一致,

矿石以块状和浸染状为主, 且伴生铅、硫、银及稀有金属(Захарова and Сквалецкий, 2011; Мурзабекова, 2018)。斑岩型矿床主要分布在车里雅宾斯克州, 代表的有米赫耶夫(铜 A+B+C₁ 储量 110.3 万 t)、托明斯基(铜 A+B+C₁ 储量 102.3 万 t)矿床(Блохин and Прожерова, 2002; Курчевская and Яхно, 2014)。岩浆型以斯维尔德洛夫斯克州的沃尔科夫多金属(Cu—Fe—PGE—V₂O₅)矿床为代表, 其铜 A+B+C₁ 储量 76.1 万 t, 并伴生金、银、硒元素。矿体发育在沃尔科夫辉长岩中, 呈透镜状, 矿石矿物主要有钛磁铁矿、斑铜矿、黄铜矿和磷灰石等(Корюкин et al., 1999)。

摩尔曼斯克地区铜储量占全俄 2%, 为岩浆型, 代表矿床有贝辰加地区的日丹诺夫 Cu—Ni—PGE 硫化物矿床(铜 A+B+C₁ 储量 64.1 万 t)。贝辰加古元古代基性—超基性岩群, 由 110 多个侵入体构成, 其中辉长岩—辉绿岩约 60 个, 岩群侵入于古元古代凝灰质沉积地层内, 呈层状、透镜状, 厚度 2~700 m, 长 200~700 m。日丹诺夫矿床产于橄榄岩、辉石岩和辉长岩中(Таймасов and Бурмако, 2014)。

3.2.2 镍矿

俄罗斯镍矿床成因类型包括岩浆型(Cu—Ni—PGE)硫化物型和沉积型(红土型), 其中岩浆型镍储量约占全俄 86%, 并且俄开采的镍几乎均来自该类型。而全球的镍资源主要集中在沉积型中, 开采量上沉积型和岩浆型比较接近(Петров and Тетенькин, 2021)。空间分布上, 俄罗斯镍资源集中在克拉斯诺亚尔斯克边疆区, 其余分布在科拉半岛、南乌拉尔等地区(图 4, 表 5)。

表 5 俄罗斯主要镍矿床成因类型、储量及产量情况

Table 5 Genesis types, reserves and production of major nickel deposits in Russia

序号	矿床		矿床所属联邦主体	成因类型	Ni 储量/万 t			品位/%	参考文献
	中文	俄文			A+B+C ₁	C ₂	A+B+C ₁ 占全俄百分比/%		
43	十月	Октябрьское		岩浆型	252.6	-	32.80	0.77	Нестеренко, 2020
44	塔尔纳赫	Талнахское		岩浆型	174.8	-	22.70	0.67	Гладышев, 2008
45	诺里尔斯克 1 号	Норильск I	克拉斯诺亚尔斯克边疆区	岩浆型	53.7	-	6.98	0.32	Лихачев, 2020
46	马斯洛夫	Масловское	克拉斯诺亚尔斯克边疆区	岩浆型	22.3	-	2.90	0.35	Храмов, 2010
60	黑山	Черногорское		岩浆型	17.3	-	2.2	0.25	Петров and Тетенькин, 2021
61	上金佳什	Верхнекингашское		岩浆型	32.3	-	4.20	0.47	Лыгин, 2010
62	金佳什	Кингашское		岩浆型	27.0	-	3.50	0.41	Радомская and Глазунов, 2009
59	日丹诺夫	Ждановское	摩尔曼斯克州	岩浆型	52.7	-	6.85	0.67	Баянова et al., 2007
63	布鲁克塔尔	Буруктальское	奥伦堡州	沉积型	50.6	-	6.57	0.62	Рыжкова et al., 2009
64	谢洛夫	Серовское	斯维尔德洛夫斯克州	沉积型	10.8	-	1.40	0.70	Сорокин, 2015
65	依兰	Еланское	沃罗涅日州	岩浆型	8.5	-	1.10	1.16	Петров and Тетенькин, 2021

克拉斯诺亚尔斯克边疆区的诺里尔斯克矿集区镍储量占全俄约 70%，均为 Cu-Ni-(PGE) 硫化物型，分布有十月(镍 A+B+C₁ 储量 252.6 万 t)、塔尔纳赫(镍 A+B+C₁ 储量 174.8 万 t)、诺里尔斯克 1 号(镍 A+B+C₁ 储量 53.7 万 t)、马斯洛夫(镍 A+B+C₁ 储量 22.3 万 t)、黑山(镍 A+B+C₁ 储量 17.3 万 t)等，其中十月和塔尔纳赫矿床是俄罗斯最大的两个镍矿床(Козлова, 2013; Мирошникова, 2013; Звездов, 2020)。在克拉斯诺亚尔斯克边疆区的南部，还分布有上金佳什和金佳什两处大型 Cu-Ni-PGE 矿床，镍 A+B+C₁ 储量分别为 32.3 万 t 和 27 万 t，矿石多呈浸染状(Лыгин, 2010)。

科拉半岛镍资源主要集中在贝辰加地区，镍储量占全俄 12.9%，代表矿床是日丹诺夫 Cu-Ni-PGE 矿床(镍 A+B+C₁ 储量 12.9 万 t)(Таймасов and Бурмако, 2014)。此外，俄罗斯的沃罗涅日州(依兰矿床，镍 A+B+C₁ 储量 8.5 万 t)、阿穆尔州(库恩—玛尼耶矿床)、堪察加(沙武奇矿床)等地区也有一些 Cu-Ni-(PGE) 硫化物矿床分布(Сивов and

Томашпольская, 1969)。

俄罗斯的沉积型镍矿床分布在南乌拉尔地区，镍储量占全俄 10.9%，代表性的有布鲁克塔尔(镍 A+B+C₁ 储量 50.6 万 t)和谢洛夫矿床(镍 A+B+C₁ 储量 10.8 万 t)，前者是俄罗斯最大的红土型镍矿(Рыжкова et al., 2009; Илалова and Таловина, 2017)。布鲁克塔尔成矿物质主要来自鲁克塔尔蛇绿岩的超镁铁质岩，矿石成分为叶蛇纹石等、绿脱石等、石英—磁铁矿等、石英—针铁矿等、绿泥石等和氧化锰型等。谢洛夫矿床成矿物质来自橄榄岩和辉石岩，含镍矿物主要有蒙脱石、绿脱石、绿泥石和针铁矿(Сорокин et al., 2015)。

3.2.3 铅矿

俄罗斯铅矿床成因类型有喷流沉积型、热液脉型、矽卡岩型及叠生型，并往往与锌矿床共生(Петров and Тетенькин, 2021)。空间分布上，主要集中在布里亚特共和国、克拉斯诺亚尔斯克边疆区、后贝加尔边疆区等地区(图 5, 表 6)。

布里亚特共和国铅储量占全俄 29%，主要来自

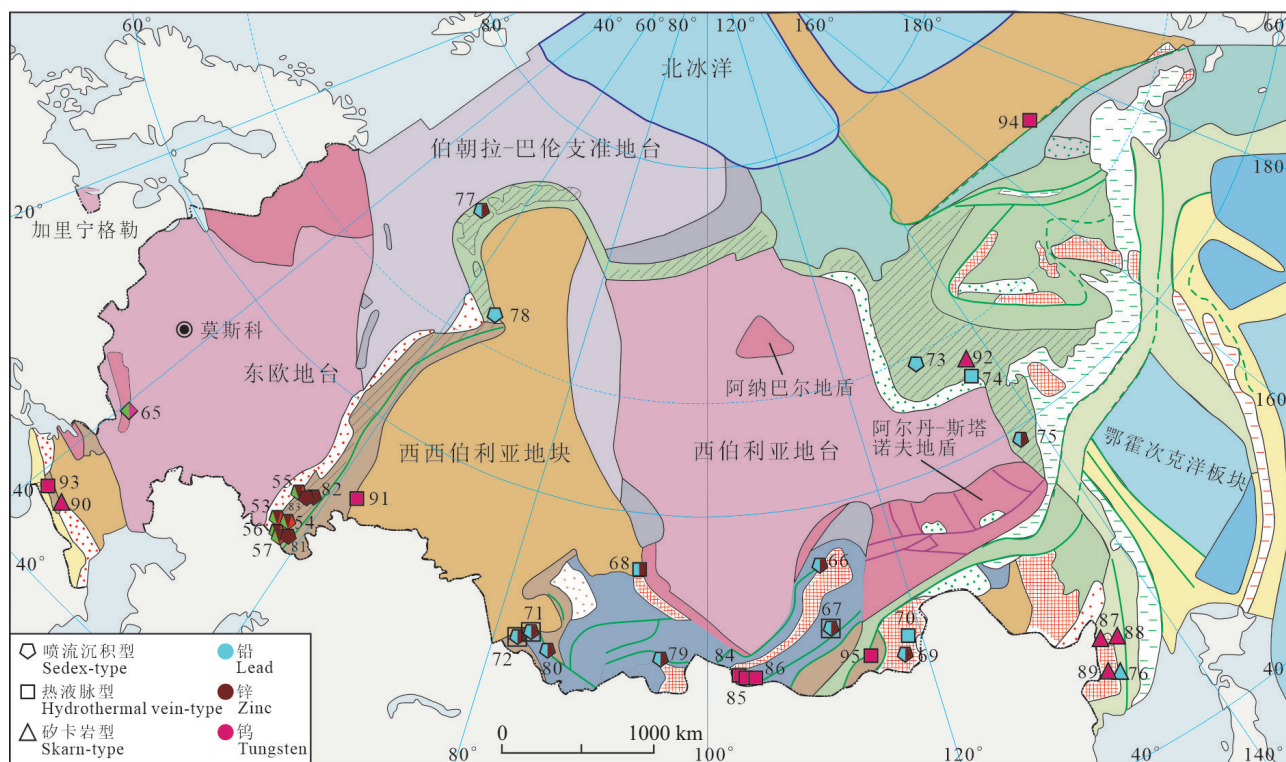


图 5 俄罗斯主要铅、锌、钨矿床分布图(Петров and Тетенькин, 2021, 及表 6、表 7、表 8 中参考文献)(图例参考图 2b)
Fig.5 Distribution map of major lead deposits in Russian (Петров and Тетенькин, 2021, and references in Table 6, 7 and 8) (the legends are shown in Fig.2b)

表 6 俄罗斯主要铅矿床成因类型、储量及产量情况

Table 6 Genesis types, reserves and production of major lead deposits in Russia

序号	矿床		矿床所属联邦主体	成因类型	Pb储量/万t		占全俄 百分比/%	品位/%	参考文献
	中文	俄文			A+B+C ₁	C ₂			
66	霍洛德宁	Холоднинское	布里亚特共和国	喷流沉积型	201.2	134.7	19.5	0.6	Кошовский et al., 2019
67	奥泽尔	Озерное		喷流沉积型+ 热液型	146.4	9.91	9.1	1.2	Антропова and Гуляшинов, 2009
68	戈列夫	Горевское	克拉斯诺亚尔斯克边疆区	热液脉型	211.1	242.6	26.4	6.7	Сердюк et al., 2021
69	诺永—托洛伊	Нойон—Тологой	后贝加尔边疆区	喷流沉积型	63.2	31.9	5.5	1.1	Кузнецов et al., 2021
70	新希罗金	Ново-Широкинское		热液脉型	7.7	16.1	1.4	1.8	Голдырев and Наумов, 2020
71	科尔巴利欣	Корбалихинское	阿尔泰边疆区	喷流沉积型+ 热液型	43.2	3.1	2.7	2.0	Ворошилов and Понитевский, 2001
72	塔洛夫	Таловское		喷流沉积型+ 热液型	15	4.9	1.2	4.6	Ворошилов and Понитевский, 2001
73	普罗尼奥斯	Прогноз	萨哈共和国 (雅库特) 共和国	喷流沉积型	9.6	11.8	1.2	2.1	Герман and Мансуров, 2010
74	上门克切	Верхне-Менкече		热液脉型	13.8	9.8	1.4	6.1	Волкова, 2017
75	萨达纳	Сардана		喷流沉积型	-	-	-	2.8	Волкова, 2017
76	尼古拉耶夫	Николаевское	滨海边疆区	矽卡岩型	16.3	0.06	1.0	2.3	Чубаров, 1971
77	巴甫洛夫	Павловское	阿尔汉格尔斯克州	喷流沉积型	30.3	24.6	3.2	1.1	Ильченко and Антонов, 2004
78	索雷斯科	Саурейское	亚马洛涅涅茨自治区	喷流沉积型	-	14.5	-	-	Петров and Тетенькин, 2021
79	克孜勒—塔什蒂格	Кызыл—Таштыгское	图瓦共和国	喷流沉积型	11.16	2.4	0.8	1.7	Каныгин et al., 2011

霍洛德宁(铅 A+B+C₁ 储量 201.2 万 t)和奥泽尔(铅 A+B+C₁ 储量 146.4 万 t) Pb-Zn 矿床。霍洛德宁 Pb-Zn 矿床为喷流沉积型, 矿体赋存在新元古代碳酸盐-陆源碎屑岩中, 为层状、透镜状等, 矿石矿物主要有黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿和黄铜矿等, 伴生铜、银和黄铁矿等(Добровольская and Ерёмин, 2010)。奥泽尔 Pb-Zn 矿床位于下寒武统火山-陆源-碳酸盐地层中, 为喷流沉积+热液成因, 伴生 Cd、Ag 等(Лобанов and Некос, 2017)。

克拉斯诺亚尔斯克边疆区铅储量占全俄 26.6%, 主要集中于戈列夫(铅 A+B+C₁ 储量 211.1 万 t) Pb-Zn 矿床中。该矿床为热液成因, 受西北向戈列夫斯卡娅断裂带(Gorevskaya)控矿, 矿体呈透镜状, 主要矿体长约 1.2 km, 厚度 20~150 m, 矿体分为脉状浸染型、条带状、浸染状、块状和脉状。矿石矿物主要有方铅矿、闪锌矿和磁黄铁矿, 伴生 Cd、Ag 等(Серавина and Конкина, 2019)。

后贝加尔边疆区铅储量占全俄 12.2%, 代表矿床有诺永—托洛伊(铅 A+B+C₁ 储量 63.2 万 t)和新希罗金(铅 A+B+C₁ 储量 7.7 万 t)矿床(Корчагина, 2018)。诺永—托洛伊 Pb-Zn 矿床为 VMS 型, 矿体有片状、网状和脉状, 最常见的矿石矿物是黄铁矿、

毒砂、方铅矿和闪锌矿(Кузнецов et al., 2021)。新希罗金矿床为热液成因, 矿体位于西北走向的断层中, 围岩为早侏罗世火山岩和沉积岩地层, 矿石分为三种类型: 黄铁矿、石英多金属和碳酸盐多金属, 伴生 Zn、Au 和 Ag 等。

阿尔泰边疆区铅储量占全俄 9%, 代表矿床有科尔巴利欣(铅 A+B+C₁ 储量 43.2 万 t)和塔洛夫 Pb-Zn 矿床(铅 A+B+C₁ 储量 15 万 t), 二者均为喷流沉积+热液叠生型矿床。

除上述地区以外, 俄罗斯还零散分布一些中型矿床, 如萨哈共和国(雅库特)共和国的普罗尼奥斯矿床(喷流沉积型)、上门克切矿床(热液脉型)、萨达纳 Pb-Zn 矿床(喷流沉积型), 滨海边疆区的尼古拉耶夫矿床(矽卡岩型), 阿尔汉格尔斯克州的巴甫洛夫 Pb-Zn 矿床(喷流沉积型), 亚马洛涅涅茨自治区的索雷斯科矿床(喷流沉积型), 图瓦共和国的克孜勒—塔什蒂格多金属矿床(喷流沉积型)。

3.2.4 锌矿

俄罗斯锌矿床成因类型主要为喷流沉积型、热液脉型及叠生型, 并往往与铅、铜矿产共生产出(Петров and Тетенькин, 2021)。主要分布地区是布里亚特共和国、中—南乌拉尔地区、阿尔泰边疆区

等地区(图 5, 表 7)。俄罗斯锌资源超过一半位于布里亚特共和国(锌储量占全俄 50.8%), 主要来自霍洛德宁(锌 A+B+C₁ 储量 1333.9 万 t)和奥泽尔(锌 A+B+C₁ 储量 771.8 万 t) Pb-Zn 矿床(Добровольская and Ерёмин, 2010)。

中南乌拉尔地区锌储量占全俄 18.3%, 为喷流沉积型, 锌往往与 Cu-Au 共生产出。代表矿床有巴什科尔托斯坦共和国的新乌哈林(锌 A+B+C₁ 储量 203.6 万 t)、波多尔斯克(锌 A+B+C₁ 储量 107.9 万 t)、尤比莱诺耶(锌 A+B+C₁ 储量 92.8 万 t) Cu-Zn-(Au) 矿床, 奥伦堡州的盖斯科(锌 A+B+C₁ 储量 125.4 万 t)、共青团 Cu-Zn-(Au) 矿床, 车里雅宾斯克州的乌泽尔金(锌 A+B+C₁ 储量 76.7 万 t) 矿床, 斯维尔德洛夫斯克州的新谢穆斯科耶(锌 A+B+C₁ 储量 35.4 万 t) 矿床(Хамитов et al., 2003; Лизункин et al., 2014; Панжин et al., 2017)。新乌哈林 Cu-Zn-Au 矿床矿体呈透镜状, 位于基性和酸性火山岩接触部位, 主要有黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿, 并伴生 Ag、Se、Te、In、Ge、Cd、S 等有益元素(Спирина, 2021)。

阿尔泰边疆区锌储量占全俄 7.7%, 代表矿床为

科尔巴利欣(锌 A+B+C₁ 储量 217.5 万 t)、斯蒂芬诺耶(锌 A+B+C₁ 储量 10.6 万 t)、塔洛夫(锌 A+B+C₁ 储量 32.3 万 t) Pb-Zn 矿床, 其中斯蒂芬诺耶矿床为喷流沉积成因(Кузнецова, 2017)。

此外, 俄罗斯还有一些中大型锌矿床分布, 如后贝加尔边疆区的诺永—托洛伊 Pb-Zn 矿床(锌 A+B+C₁ 储量 75.5 万 t), 阿尔汉格尔斯克州的巴甫洛夫 Pb-Zn 矿床(锌 A+B+C₁ 储量 132.5 万 t) 图瓦共和国的克孜勒—塔什蒂格多金属矿床(锌 A+B+C₁ 储量 67.2 万 t) 等。

3.2.5 钨矿

俄罗斯钨矿床主要成因类型为矽卡岩型和热液脉型(Петров and Тетенькин, 2021), 储量主要集中在布里亚特共和国、卡巴尔达—巴尔卡尔共和国和卡拉恰伊—切尔克斯共和国、滨海边疆区、萨哈(雅库特)共和国等地区(图 5, 表 8)。

布里亚特共和国 WO₃ 储量占全俄 26.1%, 代表性矿床有因库尔(WO₃ A+B+C₁ 储量 17.09 万 t)、马洛—奥伊诺戈尔(WO₃ A+B+C₁ 储量 12.26 万 t)、霍尔托森(WO₃ A+B+C₁ 储量 0.57 万 t) 等矿床(Гордиенко, 2020; Дамдинова et al., 2022)。因库

表 7 俄罗斯主要锌矿床成因类型、储量及产量情况

Table 7 Genesis types, reserves and production of major zinc deposits in Russia

序号	矿床		矿床所属联邦主体	成因类型	Zn 储量/万 t				参考文献
	中文	俄文			A+B+C ₁	C ₂	占全俄 百分比/%	品位/%	
66	霍洛德宁	Холодинское	布里亚特共和国	喷流沉积型	1333.9	785.6	36.1	3.99	Кошовский et al., 2019
67	奥泽尔	Озерное		喷流沉积型+ 热液型	771.8	55.1	14.0	6.16	Антропова and Гуляшинов, 2009
69	诺永—托洛伊	Нойон-Тологой	后贝加尔边疆区	喷流沉积型	75.5	30.2	1.8	1.39	Кузнецов et al., 2021
53	尤比莱诺耶	Юбилейное	巴什科尔托斯 坦共和国	喷流沉积型	92.8	3.4	1.6	1.26	Викентьев et al., 2011
54	波多尔斯克	Подольское		喷流沉积型	107.9	1.31	1.9	1.34	Комова et al., 2016
55	新乌哈林	Ново-Учалинское		喷流沉积型	203.6	94.9	5.1	2.95	Спирина, 2021
71	科尔巴利欣	Корбалихинское	阿尔泰边疆区	喷流沉积型+ 热液型	217.5	13	3.9	10.11	Ворошилов and Понитевский, 2001
80	斯蒂芬诺耶	Степное		喷流沉积型	10.6	6.8	0.3	8.07	Петров and Тетенькин, 2021
72	塔洛夫	Таловское	阿尔汉格尔斯克州	喷流沉积型	32.3	9.23	0.7	9.91	Ворошилов and Понитевский, 2001
77	巴甫洛夫	Павловское		喷流沉积型	132.5	116.3	4.2	4.93	Ильченко and Антонов, 2004
56	盖斯科	Гайское		喷流沉积型	125.4	19.3	2.5	0.55	Мурзабекова, 2018
81	共青团-Zn	Комсомольское	奥伦堡州	喷流沉积型	-	-	-	-	Петров and Тетенькин, 2021
75	萨达纳	Сардана	萨哈(雅库特) 共和国	喷流沉积型	-	-	-	5.56	Волкова, 2017
68	戈列夫	Горевское	克拉斯诺亚尔 斯克边疆区	热液型	41.6	107.8	2.5	1.39	Сердюк et al., 2021
82	乌泽尔金	Узельгинское	车里雅宾斯克州	喷流沉积型	76.7	5.1	1.4	2.43	Панжин et al., 2016
83	新谢穆斯科耶	Ново-Шемурское	斯维尔德洛夫斯克州	喷流沉积型	35.4	0.4	0.6	1.62	Кадышева et al., 2013
79	克孜勒— 塔什蒂格	Кызыл-Таштыгское	图瓦共和国	喷流沉积型	67.2	15.8	1.4	10.14	Каныгин et al., 2011

表 8 俄罗斯主要钨矿床成因类型、储量及产量情况

Table 8 Genesis types, reserves and production of major tungsten deposits in Russia

序号	矿床		矿床所属联邦主体	成因类型	WO ₃ 储量/万t		占全俄 百分比/%	品位/%	参考文献
	中文	俄文			A+B+C ₁	C ₂			
84	因库尔 马洛—	Инкурское		热液脉型	17.09	1.36	14.0	0.15	Дамдинова and Дамдинов, 2020
85	奥伊诺戈尔	Мало-Ойногорское	布里亚特共和国	热液脉型	12.26	0	9.3	0.04	Петров and Тетенькин, 2021
86	霍尔托森	Холтосонское		热液脉型	0.57	2.67	2.5	0.75	Дамдинова et al., 2022
87	莱蒙托夫	Лермонтовское		矽卡岩型	0.2	0.02	0.2	5.66	Сорокин, 2001
88	东方2号	Восток 2	滨海边疆区	矽卡岩型	0.06	0.82	0.7	1.95	Петров and Тетенькин, 2021
89	斯克雷托耶	Скрытое		矽卡岩型	6.23	7.37	10.3	0.36	Фатьянов et al., 2010
90	蒂尔尼乌兹	Тырныаузское	卡巴尔达— 巴尔卡尔共和国	矽卡岩型	20.2	0.78	15.9	0.44	Граменицкая et al., 2013
91	科克拉诺夫	Коклановское	库尔干州	热液脉型	1.2	12.98	10.8	0.04	Елохин and Битов, 2004
92	阿吉尔金	Агылкинское	萨哈(雅库特) 共和国	矽卡岩型	9.09	0	6.9	1.27	Митрофанов, 2018
93	凯蒂— 特贝尔达	Кти-Тебердинское	卡拉恰伊— 切尔克斯共和国	热液脉型	8.9	2.09	8.3	0.36	Газеев et al., 2009
94	皮尔卡凯	Пыркакайский рудный узел	楚科奇自治区	热液脉型	-	-	-	-	Петров and Тетенькин, 2021
95	斯波科宁	Спокойнинское	后贝加尔边疆区	热液脉型	1.59	0.38	1.5	0.21	Петров and Тетенькин, 2021

尔和霍尔托森矿床相邻,为低硫化物石英脉型,主要矿物有白钨矿、铁镁矿、黑钨矿,有益组分有铜、铅、锌、铋、萤石以及金和银的硫化物(Дамдинова and Дамдинов, 2020)。马洛—奥伊诺戈尔矿床为热液脉型,伴生钼矿。

卡巴尔达—巴尔卡尔共和国和卡拉恰伊—切尔克斯共和国两个地区 WO₃ 储量合计占全俄 25.1%,这两个地区代表性矿床分别是蒂尔尼乌兹(WO₃ A+B+C₁ 储量 20.2 万 t)和凯蒂—特贝尔达(WO₃ A+B+C₁ 储量 8.9 万 t)矿床(Газеев, 2009)。蒂尔尼乌兹矿床成因类型为矽卡岩型,品位为 0.44%,伴生 Mo、Au 等,矿石分别有矽卡岩(主要是 W-Mo)、矽卡岩大理岩(W)、角岩和花岗岩(Mo)三种(Граменицкая et al., 2013)。凯蒂—特贝尔达矿床品位为 0.36%,为热液脉型,主要矿物为白钨矿,黑钨矿次之(Газеев, 2009)。

滨海边疆区 WO₃ 储量占全俄 17.8%,主要为矽卡岩型,代表矿床有斯克雷托耶(WO₃ A+B+C₁ 储量 6.23 万 t)、莱蒙托夫(WO₃ A+B+C₁ 储量 0.2 万 t)、东方 2 号矿床(WO₃ A+B+C₁ 储量 0.06 万 t)。斯克雷托耶矿床品位为 0.36%,矿石中的主要矿物有黑钨矿、锡石、黄铜矿、黄铁矿和毒砂,伴生成分有铍、钼、铋等(Гатинский et al., 2016; Митрофанов, 2018)。

萨哈(雅库特)共和国 WO₃ 储量占全俄 10.1%,

以阿吉尔金(WO₃ A+B+C₁ 储量 9.09 万 t)为代表,其为矽卡岩型(Митрофанов, 2018)。库尔干州 WO₃ 储量占全俄 10.8%,以热液脉型的科克拉诺夫矿床(WO₃ A+B+C₁ 储量 1.2 万 t)为代表(Елохин and Битов, 2004)。此外,楚科奇自治区的皮尔卡凯(热液脉型)、后贝加尔边疆区的斯波科宁(热液脉型)矿床也有一定潜力。

3.3 贵金属

3.3.1 金矿

俄罗斯金最重要成因类型为热液脉型,分布于含碳的陆源和陆源碳酸盐地层中,通常为大型和超大型矿床,矿石质量与全球其他金矿床相当。此外,还有沉积型(砂岩型)、喷流沉积型等(Петров and Тетенькин, 2021)。金矿床空间分布上,主要位于克拉斯诺亚尔斯克边疆区、伊尔库茨克州、马加丹州、萨哈(雅库特)共和国、后贝加尔边疆区等地区(图 6, 表 9)。

克拉斯诺亚尔斯克边疆区是俄罗斯最重要金矿集中区之一,该区金储量占全俄 17.7%,其金矿床为热液脉型,代表矿床是南部地区的奥林匹克(金 A+B+C₁ 储量 410.2 t)、布拉戈达诺埃(金 A+B+C₁ 储量 224.2 t)、波普特宁(金 A+B+C₁ 储量 26.5 t)、韦杜金(金 A+B+C₁ 储量 25.7 t)(Саонов et al., 2010; Иванов et al., 2018)。奥林匹克金矿床受东北向断层控制,主要金属矿物有毒砂、黄铁矿、白铁矿

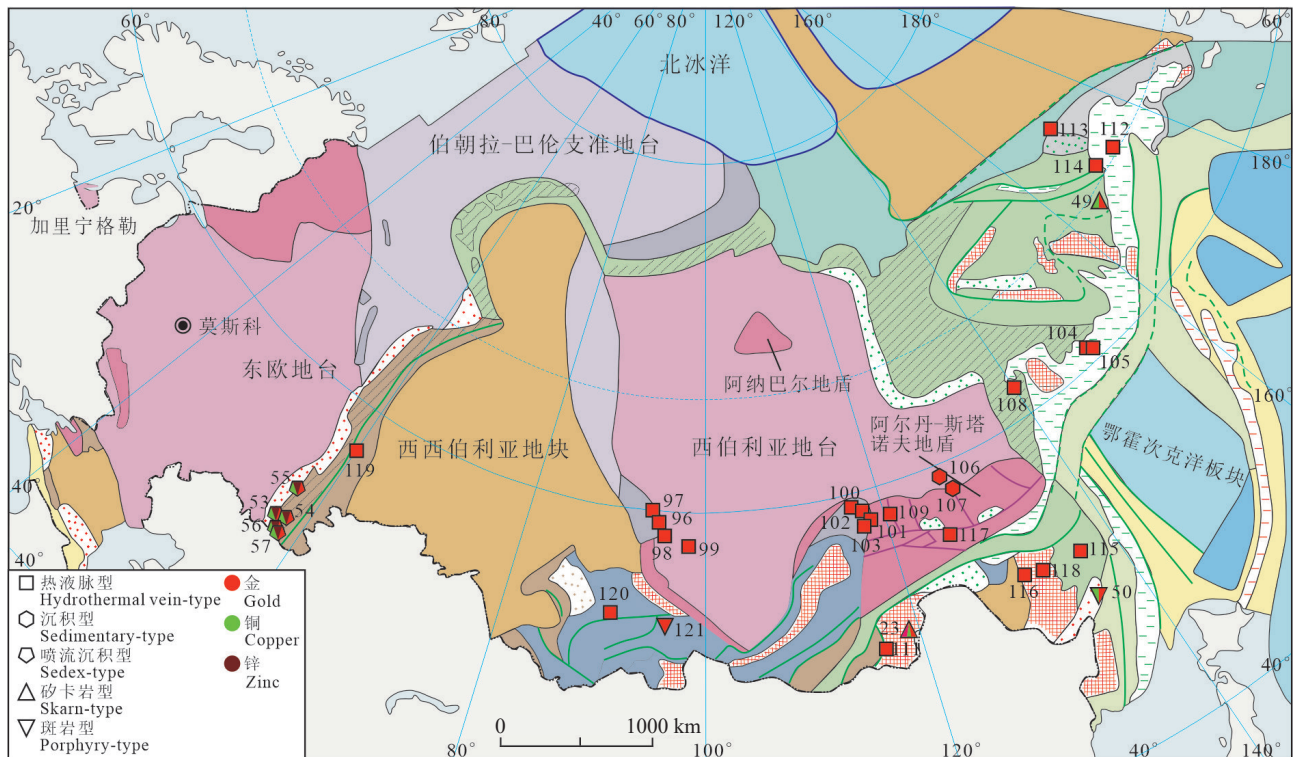


图6 俄罗斯主要金矿床分布图(Петров and Тетенькин, 2021, 及表9中参考文献)(图例参考图2b)

Fig.6 Distribution map of major gold deposits in Russian (Петров and Тетенькин, 2021, and references in Table 9) (the legends are shown in Fig.2b)

等,主要蚀变有硅化、碳酸盐化等,品位为4.6 g/t (Козырев et al., 2018)。布拉戈达诺埃矿床矿化带向西北延伸超过3 km,宽100~400 m,发育两个脉状矿体,品位为2.8 g/t(Сазонов et al., 2010)。

伊尔库茨克州金储量占全俄17.1%,矿床成因类型为热液脉型,代表性矿床有苏霍伊罗格(金A+B+C₁储量1378.9 t)、切尔托沃科里托(金A+B+C₁储量76.2 t)、韦宁(金A+B+C₁储量67.3 t)、涅夫(金A+B+C₁储量8.9 t)矿床(Никифорова, 2016; Гаврилов, 2019)。苏霍伊罗格矿床位于马拉卡诺—通古斯卡向斜内,矿体赋存于元古代黑色页岩和碳酸盐中,沿走向长3 km以上,平均厚度约70 m。矿石品位稳定(品位为2.1 g/t),大部分金都与硫化物矿物有关,主要是黄铁矿,并伴生铂族元素。韦宁金矿床矿化特征与苏霍伊罗格相似,但是规模不如前者,平均品位2.9 g/t(Кучеренко et al., 2012)。

马加丹州金储量占全俄13.4%,矿床成因类型为热液脉型,代表性矿床有纳塔卡(金A+B+C₁储量1200.6 t)、帕夫利克(金A+B+C₁储量153.5 t)矿床(Миляев et al., 2018)。纳塔卡矿床矿体受断裂

控制,矿石矿物主要为毒砂、黄铁矿,还有磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿和黄铜矿(Макулов, 2016)。帕夫利克矿床与纳塔卡矿床地质特征相似,二者是雅诺—科雷马黄金省的一部分(Савчук et al., 2018)。

萨哈(雅库特)共和国金储量占全俄11.7%,金矿床有砂岩型和热液脉型两种。砂岩型矿床代表性的有库拉纳赫矿床(金A+B+C₁储量81.3 t)和大库拉纳赫矿床(金A+B+C₁储量58.1 t);热液脉型矿床代表性的有涅日达(金A+B+C₁储量287.5 t)、格劳斯(金A+B+C₁储量50 t)、楚楚斯(金A+B+C₁储量70.9 t)矿床(Некрасов and Некрасов, 2021)。涅日达矿床位于维尔霍扬斯克向斜带的南翼,是中生代大型雅诺—科雷马褶皱造山带的一部分,矿体受控于断裂带,矿石主要为角砾岩、蚀变岩和石英脉(Токусарова, 2015)。格劳斯矿床受控于康丁斯基断裂带,围岩为元古宙砂岩,矿石有氧化型、过渡型和原生型,矿物成分非常简单(Ахмедов and Исаков, 2016)。楚楚斯矿床位于上扬斯克—楚科奇褶皱区的中库拉尔背斜中,矿体受NE向断层构造控制,矿化带宽20~250 m,长3500多米,矿石矿

表 9 俄罗斯主要金矿床成因类型、储量及产量情况

Table 9 Genesis types, reserves and production of major gold deposits in Russia

序号	矿床		矿床所属联邦主体	成因类型	Au储量/t			品位	参考文献
	中文	俄文			A+B+C ₁	C ₂	占全俄 百分比/%		
96	奥林匹克	Олимпиадинское		热液脉型	410.2	643.7	6.9	4.6 g/t	Панжин, 2021
97	布拉戈达诺埃	Благодатное	克拉斯诺亚尔	热液脉型	224.2	93	2.1	2.8 g/t	Колмаков et al., 2006
98	韦杜金	Ведугинское	斯克边疆区	热液脉型	25.7	71.2	0.6	5.6 g/t	Рожков et al., 2012
99	波波特宁	Попутнинское		热液脉型	26.5	51.8	0.5	4.4 g/t	Петров and Тетенькин, 2021
100	切尔托沃科里托	Чертово Корыто		热液脉型	76.2	10.7	0.6	2.3 g/t	Вагина, 2011
101	苏霍伊罗格	Сухой Лог	伊尔库茨克州	热液脉型	1378.9	563.7	12.7	2.1 g/t	Кучеренко et al., 2012
102	涅夫	Невское		热液脉型	8.9	49.9	0.4	1.2 g/t	Петров and Тетенькин, 2021
103	韦宁	Вернинское		热液脉型	67.3	144.1	1.4	2.9 g/t	Кучеренко et al., 2012
104	纳塔卡	Нагалинское	马加丹州	热液脉型	1200.6	248.6	9.5	1.7 g/t	Макулов, 2016
105	帕夫利克	Павлик		热液脉型	153.5	4.5	1.0	1.9 g/t	Савчук et al., 2018
106	库拉纳赫	Куранахская группа		砂岩型	81.3	51.1	0.9	-	Бураков et al., 2000
107	大库拉纳赫	Река Большой Куранах	萨哈(雅库特)共和国	砂岩型	58.1		0.4	0.3 g/m ³	Бураков et al., 2000
108	涅日达	Нежданинское		热液脉型	287.5	354.7	4.2	4.6 g/t	Петров and Тетенькин, 2021
109	格劳斯	Гросс		热液脉型	50	59.6	0.7	0.8 g/t	Зубков et al., 2020
110	楚楚斯	Кючус		热液脉型	70.9	104.3	1.1	6.1 g/t	Петров and Тетенькин, 2021
23	比斯特林	Быстринское	后贝加尔边疆区	矽卡岩型	219.7	34.4	1.7	0.8 g/t	Федорова and Чернышова, 2009
111	塔谢夫	Тасеевское		热液脉型	21.8	83.8	0.7	4.6 g/t	Худорба and Гребнев, 2007
112	库波尔	Купол		热液脉型	13.4	10.4	0.2	56.8 g/t	Никанюк et al., 2008
113	迈斯科	Майское	楚科奇自治区	热液脉型	83.8	93.7	1.2	12.4 g/t	Никанюк and Мальцева, 2008
114	凯库拉	Кекура		热液脉型	64.1	3.8	0.4	9.1 g/t	Чернова and Шатагин, 2013
49	别斯强卡	Песчанка		矽卡岩型	290.9	59.3	2.3	0.3 g/t	Марушенко, 2013
115	阿尔巴津	Албазинское	哈巴罗夫斯克州	热液脉型	29.5	74.9	0.7	6.3 g/t	Александров et al., 2009
50	马尔梅日	Малмыжское		斑岩型	69.4	208.7	1.8	0.2 g/t	Гурман and Полтарецкая, 2013
54	波多尔斯克	Подольское	巴什科尔托斯	喷流沉积型	120.5	2.8	0.8	1.5 g/t	Комова et al., 2016
55	新乌哈林	Ново-Учалинское	坦共和国	喷流沉积型	118	55.3	1.1	1.7 g/t	Спирина, 2021
56	盖斯科	Гайское	奥伦堡州	喷流沉积型	341.7	41.1	2.5	1.1 g/t	Мурабекова, 2018
116	马洛米尔	Маломырское		热液脉型	41.4	29	0.5	1.5 g/t	Ожогин and Дубинчук, 2009
117	巴姆斯科	Бамское	阿穆尔州	热液脉型	51.4	47.7	0.6	4.1 g/t	Радомский and Радомская, 2019
118	埃尔加	Эльгинское		热液脉型	31.1	41.7	0.5	1.3 g/t	Дмитрий, 2020
119	别列佐夫	Березовское	斯维尔德洛夫斯克州	热液脉型	57.6	29.9	0.6	1.9 g/t	Клейменов et al., 2000
120	科穆纳罗夫	Коммунарское	哈卡斯共和国	热液脉型	28.3	66.9	0.6	1.5 g/t	Коробейников and Кузьмин, 1964
121	阿克—苏格	Ак-Сугское	图瓦共和国	斑岩型	0	83	0.5	0.2 g/t	Монгуш and Лебедев, 2013

物主要为毒砂、黄铁矿, 还有黄铜矿、锑矿等 (Некрасов and Некрасов, 2021)。

后贝加尔边疆区金储量占全俄 8.5%, 代表性矿床有比斯特林 Fe—Cu—Au 矿床(金 A+B+C₁ 储量 219.7 t)、塔谢夫(金 A+B+C₁ 储量 21.8 t)矿床。比斯特林矿床为矽卡岩型, 矿化与侏罗纪闪长岩—花岗闪长斑岩与围岩接触的矽卡岩带有关, 矿石矿物主要有黄铜矿、磁铁矿、黄铁矿(Федорова and Чернышова, 2009)。塔谢夫矿为热液脉型, 受北东向断层控制, 围岩为白垩系, 金矿赋存在石英脉和硅化带中, 主要硫化物为黄铁矿。

中南乌拉尔地区金储量占全俄 10%, 主要成因类型为喷流沉积型, 往往与 Cu—Zn 共生产出, 少数

为热液脉型。喷流沉积型代表矿床有巴什科尔托斯坦共和国的新乌哈林(金 A+B+C₁ 储量 118 t)、波多尔斯克(金 A+B+C₁ 储量 120.5 t) Cu—Zn—Au 矿床, 奥伦堡州的盖斯科(金 A+B+C₁ 储量 341.7 t) Cu—Zn—Au 矿床(Хамитов et al., 2003; Лизункин et al., 2014; Панжин et al., 2017)。热液脉型矿床以斯维尔德洛夫斯克州的别列佐夫矿床(金 A+B+C₁ 储量 57.6 t)为代表。

楚科奇自治专区金储量占全俄 5.1, 矿床成因类型有热液脉型和斑岩型。热液脉型代表性矿床有库波尔(金 A+B+C₁ 储量 13.4 t)、迈斯科(金 A+B+C₁ 储量 83.8 t)、凯库拉(金 A+B+C₁ 储量 64.1 t); 斑岩型代表矿床为别斯强卡 Cu—Au 矿床(金

A+B+C₁ 储量 290.9 t)。哈巴罗夫斯克州热液脉型金矿床以阿尔巴津矿床(金 A+B+C₁ 储量 29.5 t)为代表,斑岩型金矿床以马尔梅日 Cu-Au 矿床(金 A+B+C₁ 储量 69.4 t)为代表。

除上述地区以外,还有一些中大型金矿床分布,如阿穆尔州的马洛米尔(热液脉型,金 A+B+C₁ 储量 41.4 t)、巴姆斯科(热液脉型,金 A+B+C₁ 储量, 51.4 t)、埃尔加(热液脉型,金 A+B+C₁ 储量 31.1 t);哈卡斯共和国的科穆纳罗夫(热液脉型,金 A+B+C₁ 储量 28.3 t)矿床等。

3.3.2 铂族矿

俄罗斯铂族金属储量的 99.7% 赋存在岩浆型矿床中,与 Ni-Cu 共(伴)生出现,另外 0.3% 储量产于砂岩或尾矿中(Петров and Тетенькин, 2021)。空间分布上,铂族金属主要分布在克拉斯诺亚尔斯克边疆区、摩尔曼斯克州等(图 6, 表 10)。

克拉斯诺亚尔斯克边疆区的诺里尔斯克矿集区 PGMs(铂族金属)储量占全俄 95.6%,代表矿床有十月(PGMs A+B+C₁ 储量 3821.1 t)、塔尔纳赫(PGMs A+B+C₁ 储量 3122.2 t)、诺里尔斯克 1 号(PGMs A+B+C₁ 储量 2428 t)、马斯洛夫(PGMs A+B+C₁ 储量 1181.8 t)、黑山(PGMs A+B+C₁ 储量 320.3 t)、上金佳什(PGMs A+B+C₁ 储量 108 t)、金佳什(PGMs A+B+C₁ 储量 85.6 t)Cu-Ni-PGE 硫化物矿床(Лыгин, 2010; Козлова, 2013; Мирошникова, 2013; Звездов, 2020)。诺里尔斯克矿集区中, Pt 和 Pd 的平均品位分别为 0.9~1.7 g/t 和 3.6~3.9 g/t, 矿床中的 Pt/Pd 值为 1/3, 这在全球都是独一无二的。另外,研究表明在深部和外围仍有巨大的找矿前景

(Козлова, 2013; Мирошникова, 2013; Звездов, 2020)。

摩尔曼斯克州 PGMs 储量占全俄 3.7%,代表矿床有费多罗娃(PGMs A+B+C₁ 储量 238 t)、武鲁恰伊文奇(PGMs A+B+C₁ 储量 16.2 t)、日丹诺夫矿床(Субботин et al., 2012)。此外,斯维尔德洛夫斯克州的沃尔科夫矿床也有一定的 PGMs 产出。

3.4 俄罗斯优势金属矿产成矿时空专属性

俄罗斯太古宙—古元古代时期,成矿表现为太古宙、古元古代沉积变质型铁矿床、古元古代硫化物型 Cu-Ni-PGE 矿床、古元古代沉积型铜矿床。铁矿床主要分布在东欧地台西北部的卡累利阿—摩尔曼斯克地区、西南地区的库尔斯克—别尔哥罗德地区的库尔斯克磁异常地区,西伯利亚地台南缘阿尔丹—斯塔诺夫地盾(Козлова, 2013; Арестова et al., 2020)。硫化物型 Cu-Ni-PGE 矿床主要分布在科拉半岛的贝辰加地区。沉积型铜矿床主要分布在西伯利亚地台西南缘(Зиновьев and Абрамов, 2013)。

中元古代,最典型的为铁、铅-锌、金矿床,主要产于地台边部,多数位于西伯利亚地台南部的相关构造带与阿尔泰—萨彦褶皱带中,少量在乌拉尔、高加索。特征性矿床有岩浆型铬铁矿和钛铁矿,相当广泛的矽卡岩型、伟晶岩型、热液型和喷流沉积型矿床等(Грязнов, 2014; Павленко, 2015; Козырев et al., 2018)。

古生代—早中生代,成矿主要在乌拉尔—蒙古活动带和西伯利亚地台西北地区。前者形成各类金属矿产,成因类型有岩浆型 Fe-Ti-V 矿床;喷流沉积型 Cu-Zn-Au 矿床;矽卡岩型 Fe、Cu、W 等多

表 10 俄罗斯主要铂族矿床成因类型、储量及产量情况

Table 10 Genesis types, reserves and production of major PGE deposits in Russia

序号	矿床		矿床所属联邦主体	成因类型	PGMs储量/t			品位/(g/t)	参考文献
	中文	俄文			A+B+C ₁	C ₂	占全俄百分比/%		
43	十月	Октябрьское		岩浆型	3821.1	1511	33.6	4.5	Несгеренко, 2020
44	塔尔纳赫	Талнахское		岩浆型	3122.2	1128.1	26.7	4.6	Гладышев, 2008
45	诺里尔斯克1号	Норильск I	克拉斯诺亚尔斯克	岩浆型	2428	851.3	20.6	5.9	Лихачев, 2020
60	黑山	Черногорское	斯克	岩浆型	320.3	210.1	3.3	3.5	Петров and Тетенькин, 2021
61	上金佳什	Верхнекингашское	边疆区	岩浆型	108	54.3	1.0	0.6	Лыгин, 2010
62	金佳什	Кингашское		岩浆型	85.6	33	0.7	0.5	Радомская and Глазунов, 2009
46	马斯洛夫	Масловское		岩浆型	1181.8	339.6	9.6	6.9	Храмов, 2010
122	费多罗娃苔原	Фёдорова Тундра		岩浆型	238	109.9	2.2	1.4	Петров and Тетенькин, 2021
123	武鲁恰伊文奇	Вуруччайвенч	摩尔曼斯克州	岩浆型	16.2	87.9	0.6	1.2	Петров and Тетенькин, 2021
59	日丹诺夫	Ждановское		岩浆型	-	-	-	-	Баянова et al., 2007
124	沃尔科夫	Волковское	斯维尔德洛夫斯克州	岩浆型	-	-	-	-	Петров and Тетенькин, 2021

金属矿床;热液脉型 Au 矿床等。后者主要有三叠纪硫化物型 Cu-Ni-PGE 矿床 (Захарова and Сквалецкий, 2011; Козлова, 2013; Мирошникова, 2013; Звездов, 2020)

中生代时期,矿床分布在远东,高加索和远东地区。主要矿床有中生代热液脉、斑岩/矽卡岩型金、银、铜、钼、钨、锡等矿床(点)(Митрофанов, 2018; Некрасов and Некрасов, 2021)。

4 结论

(1)俄罗斯大地构造可划分为东欧地台、西伯利亚地台,以及乌拉尔—蒙古活动带、地中海活动带、环太平洋活动带。研究区经历了古大陆岩石圈的裂解和拼合导致多期活化,为矿床形成奠定了物质基础。

(2)俄罗斯优势金属矿产资源有铂族、稀有金属、钛、金、铁、钨、锌、银、铅、铜、镍、锡、锆、钼等,其中铂族储量占全球 37%。

(3)俄罗斯矿产种类和矿床类型繁多,矿产的形成具有时空专属性,成矿作用主要集中在太古宙—古元古代、中元古代、古生代和中生代四个时期。

References

- Bao Qingzhong, Zhou Yongheng, Shao Jun, Chai Lu, Wang Hongbo, Zhang Jing, Zhang Zhehuan. 2015. Ore-forming geological background of Mesozoic orogenic belts in northeast area of Russian Far East: Metallogenic process of Okhotsk-Chukchi volcanic plutonic belt[J]. Geological Bulletin of China, 34(4): 605-617 (in Chinese with English abstract).
- Chai Lu, Bao Qingzhong, Zhou Yongheng, Li Xiao. 2017. Copper resources and supply and demand situation in Northeast Asia[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 38(6): 26-30 (in Chinese with English abstract).
- Li J Y. 2006. Permian geodynamic setting of Northeast China and adjacent regions: Closure of the Paleo-Asian Ocean and subduction of the Paleo-Pacific Plate[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 26(3/4): 207-224.
- Nokleberg W, Scotese C R, Bundtzen T K, Parfenov L M, Norton I O. 2000. Phanerozoic tectonic evolution of the Circum-North Pacific[R]. Menlo Park, California: US Geological Survey.
- Rodionov S M, Obolenskiy A A, Badarch G, Dejidmaa G, Distanov E G, Gerel O, Hwang D H, Nokleberg W J, Ogasawara M, Prokopiev A V, Seminsky Z V, Smelov A P, Sotnikov V I, Spiridonov A A, Yan H. 2005. Metallogenesis of northeast Asia[C]//Mineral Deposit Research: Meeting the Global Challenge. Springer, Berlin, Heidelberg, 1-1167.
- Trubachev A, Chechetkin V, Sekisov A, Salikhov V, Lavrov A, Manzyrev D. 2014. Stratiform deposits of the Bam zone and problems of their development[J]. Вестник Забайкальского государственного университета, 12: 51-64.
- Yan Hongquan. 2019. How was a large-superlarge Uranium deposit cluster discovery and explored in Strelstov ore field in Soviet Union[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 49(4): 909-923 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Yongheng, Bao Qingzhong, Chai Lu, Zhang Zhehuan, Shi Jianmin, Duan Ruiyan. 2013. Metallogenic characteristics and prospecting indications of Udokan sandstone copper deposit in North Transbaikalye, Russia[J]. Geological Science and Technology Information, 32(5): 153-159 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Yongheng, Liu Changchun, Wu Taotao, Bao Qingzhong, Wu Datian. 2018a. Geological characteristics and a prospecting model of volcanic-type uranium deposits in the Zabaikalsky area of Russia[J]. Geology and Exploration, 54(6): 1238-1246 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Yongheng, Zhang Sen, Wu Taotao, Bao Qingzhong, Wu Datian, Chai Lu, Liu Jinlong. 2018. Current situation, potential and investment proposal of copper deposit exploitation and utilization in Russia[J]. Geology and Exploration, 54(6): 1227-1237 (in Chinese with English abstract).
- Абсатаров С Х, Мосейкин В В. 2008. Особенности физико-механических свойств минеральных разновидностей железистых кварцитов Лебединского месторождения[J]. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 9: 285-291.
- Александров А И. 1935. К вопросу о составе и генезисе руд Кайланского, Дитурского и Кимканского железнорудных месторождений Дальне-Восточного края[J]. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 54(13): 3-21.
- Александров А В, Александрова Т Н, Литвинова Н М. 2009. Особенности и закономерности флотации труднообогатимых золотосодержащих руд (на примере руды Албазинского месторождения)[J]. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 4(12): 203-213.
- Алексеев В И. 2020. Глубинное строение и геодинамические условия гранитоидного магматизма Востока России[J]. Записки Горного института, 243: 259-265.
- Антропова И Г, Гуляшинов А Н, Ламуев В А. 2009. Особенности вещественного состава и технологии обогащения окисленной руды озерного месторождения[J]. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 3(12): 9-13.
- Апхутин И В. 2006. Закономерности пространственного размещения богатых железных руд Яковлевского

- месторождения[J]. Записки Горного института, 167(2): 7–9.
- Арестова И Ю, Опекунова М Г, Елсукова Е Ю, Кукушкин С Ю. 2020. Изменения содержания тяжелых металлов в почвах Костомукшского региона под влиянием техногенеза[J]. Международный научно-исследовательский журнал, 1–1(91): 48–52.
- Ахмедов С Б, Исаков Д А. 2016. Полезные ископаемые республики Саха (Якутия)[J]. Инновационная наука, 4–5(16): 14–17.
- Баранов Ю В. 2016. Анализ геофизических полей для выделения зон возможных очагов землетрясений восточной окраины Восточно-Европейской платформы[J]. Вестник Пермского университета. Геология, 4(33): 36–40.
- Барышев А С, Егоров К Н, Кошкарев Д А. 2009. Минерагенические зоны юга Сибирской платформы[J]. Науки о Земле и недропользование, 34(1): 5–18.
- Баянова Т Б, Яковлев Ю Н, Губерман Д М, Яковлева А К, Скуфьин П К. 2007. Изотопные исследования возраста пород архейской части разреза Кольской сверхглубокой скважины, протерозойской Печенгской структуры и ее обрамления[J]. Вестник Мурманского государственного технического университета, 10(1): 104–115.
- Блохин В А, Прожерова И А. 2002. Геохимическая характеристика Михеевского молибденово-медного месторождения[J]. Известия Уральского государственного горного университета, 15: 110–118.
- Бураков А М, Ермаков С А, Блинов А А. 2000. Формы золотоносности и перспективы извлечения металла из песков Куранахской погребенной россыпи[J]. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 11: 170–176.
- Вагина Е А. 2011. Влияние микропримесей на микротвердость арсенопирита и пирита золоторудного месторождения Чертово Корыто (Патомское нагорье)[J]. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 319(1): 47–52.
- Викентьев И В, Саенко А Г, Карелина Е В, Ежов А И, Трубкин Н В. 2011. Минералогические особенности руд медноколчеданного месторождения юбилейное (Ю. Урал)[J]. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования, 1: 84–90.
- Волкова Л С. 2017. О республиканском информационно-аналитическом центре экологического мониторинга[J]. Арктика XXI век. Естественные науки, 1(5): 32–37.
- Волкова М Г, Будяк А Е, Неволько П А, Брюханова Н Н, Спиридонов А М. 2012. Связь черносланцевых толщ с процессами рудообразования в пределах Кодаро-Удоканской структурно-формационной зоны[J]. Науки о Земле и недропользование, 41(2): 54–68.
- Воробьева С В. 2004. Геолого-структурная позиция залежей комплексных сульфидных руд в зоне сочленения магнитогорского прогиба и Восточно-Уральского поднятия[J]. Вестник Оренбургского государственного университета, 10: 139–142.
- Ворошилов В Г, Понитевский К Л. 2001. Геохимическая зональность колчеданно-полиметаллических месторождений северо-западной части Рудного Алтая[J]. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 304(1): 160–169.
- Вурсий Г Л. 2000. О составе клинопироксенов и оливинов гипербазит-базитов плутона Гремяха-Вырмес[. Вестник Мурманского государственного технического университета, 3(2): 285–292.
- Гаврилов Р Ю. 2019. Аномальное геохимическое поле золоторудного месторождения Чертово Корыто (Ленский рудный район)[J]. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 330(7): 7–16.
- Газеев В М, Гурбанов А Г, Лексин А Б. 2009. Рудоносные позднепалеозойские граниты зоны Главного хребта(северный Кавказ, Россия)[J]. Вестник Владикавказского научного центра, 9(1): 36–43.
- Галахина Н Е, Лозовик П А. 2018. Изменение химического состава поверхностных вод в районе Корпангского месторождения железных руд[J]. Труды Карельского научного центра Российской академии наук, 9: 15–30.
- Гатинский Ю Г, Прохорова Т В, Рундквист Д В, Соловьев А А. 2016. Современная геодинамика горнопромышленных регионов востока азиатской части России и ближнего зарубежья[J]. Электронное научное издание Альманах Пространство и Время, 12(2): 15.
- Герман В И, Мансуров В А. 2010. Прогноз обрушений на Жезказганском медном месторождении[J]. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 1: 95–105.
- Гзогян Т Н. 2010. неоднородности магнетита месторождений КМА[J]. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 5: 256–259.
- Гзогян Т Н. 2001. Состав и свойства магнетита Михайловского месторождения[J]. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 12: 20–25.
- Гладышев В В. 2008. Оценка взаимосвязи содержаний компонентов в сплошных рудах Талнахского месторождения[J]. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 7: 31–39.
- Гордиенко И В. 2020. Ресурсы стратегического минерального сырья Республики Бурятия: состояние и перспективы развития[J]. Науки о Земле и недропользование, 1(70): 8–35.
- Горошко М В, Шевченко Б Ф, Гильманова Г З, Носырев М Ю. 2017. Геологическое строение и ураноносность Купуриной площади Алдано-Станового щита[J]. Руды и металлы, 2: 17–28.

- Граменицкая П Н, Граменицкий Е Н, Кононов О В. 2013. Химические типы амфиболов Тырныаузского месторождения[J]. Вестник Московского университета. Серия 4. Геология, 4: 34–42.
- Грязнов О Н. 2014. Факторы инженерно–геологических условий Урала. Региональные геологические факторы[J]. Известия Уральского государственного горного университета, 3(35): 30–50.
- Гурман М А, Полтарецкая А Е. 2013. Технологические исследования первичных медно–порфировых руд Малмыжского месторождения[J]. Проблемы недропользования, 2(21): 94–100.
- Дамдинова Л Б, Сажина Т И, Дамдинов Б Б. 2022. Минералогия и условия формирования руд холтосонского вольфрамового месторождения[J]. Науки о Земле и недропользование, 1(78): 34–49.
- Дамдинова Л Б, Дамдинов Б Б. 2020. Минеральный состав и условия формирования руд инкурского вольфрамового месторождения (джидинское рудное поле, юго–западное забайкалье)[J]. Науки о Земле и недропользование, 3(72): 290–306.
- Дмитрий Д П. 2020. На эльгинском месторождении[J]. Наука и техника в Якутии, 2(39): 14–16.
- Добровольская М Г, Ерёмин Н А. 2010. Метаморфизм и время образования промышленных свинцово–цинковых руд в Холоднинском месторождении (Северное Прибайкалье)[J]. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования, 1: 30–35.
- Дунаев А В. 2010. Характер изменения трещиноватости пород Ковдорского апатит–магнетитового месторождения с глубиной[J]. Горный информационно–аналитический бюллетень (научно–технический журнал), 3: 130–136.
- Дунаев В А, Игнатенко И М. 2011. Влияние слоисто–складчатой и разрывной структуры месторождений железистых кварцитов на устойчивость уступов разрабатывающих их карьеров[J]. Известия Тульского государственного университета. Науки о земле, 1: 102–107.
- Дунаев В А, Игнатенко И М. 2010. Геолого–структурные типы метаморфогенных железорудных месторождений[J]. Региональные геосистемы, 15(86).
- Дунаев В А, Игнатенко И М. 2011. Особенности складчато–разрывной структуры и блочности массивов докембрийских пород месторождений железистых кварцитов КМА[J]. Региональные геосистемы, 9(104): 155–165.
- Елохин В А, Битов А В. 2004. Геохимические особенности Коклановского вольфрам–молибденового месторождения[J]. Известия Уральского государственного горного университета, 4: 110–119.
- Еремин Н А, Шабалин Н А. 2017. Нефтегазовый потенциал северной части сибирской платформы[J]. Актуальные проблемы нефти и газа, 4(19): 8.
- Захарова В Я, Сквалецкий Е Н. 2011. Геоэкологические прогнозы условий разработки южно–уральских медноколчеданных месторождений[J]. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН, 2: 12.
- Звездов В С. 2020. Механизмы внедрения базитовой магмы в многослойную толщу чехла Восточно–Сибирской платформы и влияние деформационных свойств пород на размещение и морфологию рудоносных трапповых интрузивов (на примере Норильского района)[J]. Отечественная геология, 3: 47–74.
- Зиновьев Ю И. 2007. Закономерности пространственного размещения окисленных руд Удоканского месторождения[J]. Горный информационно–аналитический бюллетень (научно–технический журнал), 1(12): 180–185.
- Зиновьев Ю И, Абрамов Б Н. 2013. Особенности формирования докембрийских и венд–кембрийских медистых песчаников Кодаро–Удоканской зоны[J]. Вестник Забайкальского государственного университета, 5: 4–10.
- Зубков Ю А, Сагир А В, Чварова Н В. 2020. «Угуйский» тип большеобъемных золоторудных месторождений, сформированных в линейной коре выветривания (юго–западная Якутия)[J]. Отечественная геология, 2: 32–45.
- Ибламинев Р Г. 2022. Геолого–промышленные типы месторождений. Титаномagnetит–ильменитовый тип[J]. Вестник Пермского университета. Геология, 21(1): 51–71.
- Иванов А И, Журавлев А И, Лоскутов Е Е, Кравченко А А, Округин А В, Ермаков Н Н, Прокопьев И Р. 2017. Типоморфизм цирконов Медведевского, Юхтинского и Желтулинского мезозойских щелочных массивов Алданского щита[J]. Отечественная геология, 5: 45–55.
- Иванов А И, Черных А И, Вартамян С С. 2018. Состояние, перспективы развития и освоения минерально–сырьевой базы золота в Российской Федерации[J]. Отечественная геология, 1: 18–28.
- Илалова Р К, Таловина И В. 2017. Особенности строения триас–юрских никеленосных кор выветривания ультраосновных массивов на Северном Урале (серовский район)[J]. Горный информационно–аналитический бюллетень (научно–технический журнал), 5: 281–291.
- Ильченко В О, Антонов А В. 2004. Околорудные метасоматиты Павловского полиметаллического месторождения (архипелаг Новая Земля)[J]. Записки Горного института, 159(1): 13–16.
- Исламов Б Ф, Рустамов А И, Цой В Д, Сайитов С С. 2021. Перспективы скандиенности титаномagnetитового месторождения тебинбулак[J]. Вестник института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, 3(315): 21–26.
- Кадышева Е В, Филатов В В, Юрин Ю Ф. 2013. Ново–Шемурское медноколчеданное месторождение и его тектонофизическая характеристика по гравиметрическим данным[J]. Известия

- Уральского государственного горного университета, 1(29): 16–24.
- Каныгин А В, Терлеев А А, Симонов В А, Токарев Д А, Ступаков С И. 2011. Геологические и палеонтологические свидетельства раннекембрийских экосистем гидротермального типа (пример из колчеданного Кызыл–Таштыгского рудного поля, Тыва)[J]. Вестник института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, 197(5): 7–12.
- Караулов В Б. 2014. О соотношении структур Урало–Монгольского и Тихоокеанского складчатых поясов. Статья 1. Основные черты геологического строения и эволюции восточной части Урало–Монгольского пояса[J]. Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический, 3(89): 3–12.
- Кириков В П, Вербицкий В Р, Вербицкий И В. 2017. Тектоническое районирование платформенных чехлов на примере восточно-европейской платформы[J]. Региональная геология и металлогения, 72: 15–25.
- Клейменов Д А, Ерохин Ю В, Пономарев В С. 2000. Корнваллит из зоны окисления Березовского золоторудного месторождения[J]. Известия Уральского государственного горного университета, 10: 78–81.
- Кобелев Н В, Мальцева Г Д, Яхно М В. 2012. Минеральный состав и структурно–текстурные особенности магнетитовых руд Коршуновского месторождения[J]. Науки о Земле и недропользование, 41(2): 69–76.
- Козлов А В, Степанов В А. 2002. Основы анализа структуры минерально–сырьевого комплекса Северо–Западного региона[J]. Записки Горного института, 151: 153–158.
- Козлова И М. 2013. Талнахское месторождение в условиях рудника «Комсомольский»[J]. Горный информационно–аналитический бюллетень (научно–технический журнал), 3: 40–41.
- Козырев А А, Константинов К Н, Рыбин В В, Бушков В К. 2018. Экспериментальные определения параметров напряженного состояния прибортового массива пород карьера "Восточный" Олимпиадинского золоторудного месторождения[J]. Проблемы недропользования, 3(18): 61–69.
- Колмаков Ю В, Сазонов А М, Пинсон А Ю, Потехина Е В, Гертнер И Ф, Тишин П А. 2006. Петромагнитная и минералогическая неоднородности и золотоносность рудной зоны месторождения Благодатного[J]. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 309(2): 46–53.
- Комова А Д, Дьяконова Т Ф, Исакова Т Г, Привалова О Р, Аминова Г Р. 2016. Особенности строения и выделения коллекторов в сложнопостроенных каширо–подольских отложениях среднего карбона на примере одного из месторождений Башкортостана[J]. Экспозиция Нефть Газ, 3(49): 18–21.
- Корель В Г. 1953. Контактный метаморфизм Шерегешевского железнорудного месторождения в Горной Шории[J]. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 74: 123–128.
- Коробейников А Ф, Кузьмин А М. 1964. Морфология золотин из района Коммунарского рудника (Хакасия)[J]. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 127(1): 40–52.
- Корчагина Д А. 2018. Минерально–сырьевая база свинца и цинка Забайкальского края[J]. Руды и металлы, 3: 4–15.
- Корюкин Б М, Бочаров В А, Макаранец Л О, Гарифулин И Ф. 1999. Комплексное обогащение медно–апатитжелезо–ванадийсодержащих руд Волковского месторождения[J]. Горный информационно–аналитический бюллетень (научно–технический журнал), 3: 115–117.
- Котельников А Е, Колмакова Д А, Котельникова Е М. 2020. Определение последовательности образования медно–никелевых руд месторождения Кун–Манье (Амурская область)[J]. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования, 1(21): 48–57.
- Кошовский Т С, Санин А Ю, Пузанова Т А, Ткаченко О В. 2019. Геохимическое воздействие холоднинского свинцово–цинкового месторождения на аквальные ландшафты северного прибайкалья[J]. Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление, 5: 49–62.
- Кузнецов А Ж. 2001. Ритмично–слоистые магнетитовые руды Гороблагодатского железнорудного месторождения на среднем Урале[J]. Известия Уральского государственного горного университета, 13: 140–142.
- Кузнецов В В, Брель А И, Кузнецова Т П, Серавина Т В, Мигачёв И Ф, Донец А И, Кудрявцева Н Г, Богославец Н Н, Елшина С Л. 2021. Особенности строения и минералогическая характеристика руд полиметаллического месторождения в вулканогенных ассоциациях (vms) нойон–тологой[J]. Отечественная геология, 6: 65–84.
- Кузнецова С В. 2017. Некоторые вопросы генезиса и минералогические особенности стратиформных руд колчеданно–полиметаллических месторождений Рудного Алтая, Алтайский край[J]. Руды и металлы, 2: 40–50.
- Кулакова Н Е, Лозовик П А. 2011. Экспериментальное выщелачивание руды Костомукшского и Корпангского железнорудных месторождений[J]. Труды Карельского научного центра Российской академии наук, 4: 98–102.
- Курчевская Е М, Яхно М В. 2014. Первичные сульфидные руды Томинского месторождения меди (Южный Урал)[J]. Науки о Земле и недропользование, 4(47): 6–13.
- Куткин В А. 2010. Геолого–геофизическая изученность и результаты применения методов разведочной геофизики на таежном железнорудном месторождении (Южно–Алданская железнорудная провинция)[J]. Науки о Земле и

- недропользование, 37(2): 122–129.
- Кучеренко И В, Гаврилов Р Ю, Мартыненко В Г, Верховин А В. 2012. Петролого–геохимические черты околорудного метасоматизма в золоторудном месторождении Сухой Лог (Ленский район). Ч. 2. Петрология околорудного метасоматизма[J]. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 320(1): 28–37.
- Лизункин В М, Лизункин М В, Сосновская Е Л, Бейдин А В. 2014. Особенности напряженно–деформированного состояния горного массива на юбилейном месторождении[J]. Горный информационно–аналитический бюллетень (научно–технический журнал), 4: 201–206.
- Лиферович Р П, Яковенчук В Н, Пахомовский Я А, Богданова А Н. 2000. Минералы группы крадаллита из Ковдорского массива[J]. Вестник Мурманского государственного технического университета, 3(2): 263–272.
- Лихачев А П. 2020. Опоискованность Норильского района и возможности открытия в нём новых Pt–Cu–Ni месторождений[J]. Отечественная геология, 2: 3–16.
- Лобанов К В, Некос В В. 2017. Месторождения типа SEDEX – важнейший источник Zn, Pb и Ag в мире. Краткий мировой обзор. Перспективы России и Красноярского края[J]. Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии, 7(10): 881–907.
- Лобанова Т В, Васильева Е В. 2010. Короткопериодные смещения на границах тектонических разломов Таштагольского месторождения[J]. Интерэкспо Гео–Сибирь, 2(2): 147–151.
- Лыгин А В. 2010. Особенности состава руд Верхнекингашского платиноиднокобальт–медно–никелевого месторождения (Красноярский край)[J]. Вестник Московского университета. Серия 4. Геология, 2: 69–72.
- Макарова Н В, Суханова Т В. 2017. Актуальные проблемы изучения новейших платформенных структур (на примере Восточно–Европейской платформы и прилегающей части Скифской плиты)[J]. Вестник Московского университета. Серия 4. Геология, 3: 17–26.
- Макеев А Б, Красоткина А О, Скублов С Г. 2016. Геохимия и U–Pb–возраст циркона Пижемского титанового месторождения (Средний Тиман)[J]. Вестник института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, 5: 38–52.
- Макеев А Б, Борисовский С Е, Красоткина А О. 2020. Химический состав и возраст монацита и куларита из титановых руд Пижемского и Ярегского месторождений (Средний и Южный Тиман)[J]. Георесурсы, 22(1): 22–31.
- Макулов В Б. 2016. Тектоническое строение Наталкинского золоторудного месторождения[J]. Символ науки, 8: 19–20.
- Марущенко Л И. 2013. Минералогия пропилитов крупного медно–порфирикового месторождения Песчанка (Западная Чукотка)[J]. Вестник Московского университета. Серия 4. Геология, 2: 22–30.
- Мезенцев С Е. 2014. Минералого–геохимические особенности руд Удоканского месторождения[J]. Науки о Земле и недропользование, 4(47): 14–19.
- Мельников А В, Мельников В Д. 2010. Платиноидные формации Верхнего Приамурья[J]. Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки, 49: 83–91.
- Миляев С А, Чекваидзе В Б, Исакович И З. 2018. Петрографо–минералого–геохимические индикаторы золоторудных месторождений и их поисково–оценочное значение (на примере Наталкинского рудного поля, северо–восток России)[J]. Руды И металлы, 3: 47–54.
- Мирошникова Л К. 2013. Геолого–геохимические критерии оценки площади коренных сульфидных медно–никелевых руд[J]. Горный информационно–аналитический бюллетень (научно–технический журнал), 4: 140–150.
- Митрофанов Н П. 2018. Геодинамические проблемы металлогении олова, вольфрама, молибдена[J]. Отечественная геология, 6: 3–13.
- Молчанов В П, Медков М А. 2020. Золото–ильменитовые россыпи сихотэ–алиня (приморье) как перспективные источники стратегических металлов[J]. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий, 4(86): 242–246.
- Монгуш А О, Лебедев В И. 2013. Ак–сугское медно–молибден–порфириковое месторождение: вещественный состав пород и руд[J]. Науки о Земле и Недропользование, 1(42): 22–29.
- Мурзабекова А Т. 2018. Гайское месторождение колчеданных руд[J]. Современные проблемы территориального развития, 3: 11.
- Некрасов Е М, Некрасов А Е. 2021. Типы, строение и размещение трещинных золоторудных гнёзд[J]. Отечественная Геология, 1: 62–75.
- Нестеренко М Р. 2020. Строение и состав пикритовых габбро–долеритов центральной части октябрьского месторождения[J]. Отечественная геология, 6: 39–47.
- Никанюк Т, Мальцева Г Д. 2008. Вещественный состав руд золоторудного месторождения Купол[J]. Науки о Земле и Недропользование, 33(7): 50–57.
- Никитина М В. 2014. Особенности геологического строения и пространственного размещения промышленной нефтегазоносности основных продуктивных комплексов рифей–вендского возраста на территории Пермского края[J]. Недропользование, 10: 18–30.
- Никифорова З С. 2016. Перспективы золотоносности востока Сибирской платформы[J]. Природные ресурсы Арктики и Субарктики, 4(84): 25–34.
- Никулин И И. 2016. Об условиях образования богатых железных руд Курской магнитной аномалии[J]. Региональные

- геосистемы, 35(11): 158–164.
- Ожогин Д О, Дубинчук В Т. 2009. Форма нахождения золота в сульфидных жезла Маломырского месторождения[J]. Горный информационно–аналитический бюллетень (научно–технический журнал), 15(12): 35–41.
- Павленко Ю В, Шивохин Е А. 2007. Минерагенические факторы и критерии рудоносности доюрского периода Юго–Восточного Забайкалья – основа оценки и прогноза полезных ископаемых[J]. Вестник Забайкальского государственного университета, 1: 10–19.
- Павленко Ю В. 2015. Пришилкинская минерагеническая зона: рудные районы и узлы[J]. Вестник Забайкальского государственного университета, 1(116): 50–65.
- Панжин А А, Сашурин А Д, Панжина Н А, Ефремов Е Ю. 2017. Организация деформационного мониторинга земной поверхности Узельгинского и Талганского месторождений[J]. Горная промышленность, 5(135): 48–53.
- Панжин А А. 2021. Определение параметров напряженно-деформированного состояния олимпиадинского месторождения по результатам геодезических измерений[J]. Горный информационно–аналитический бюллетень (научно–технический журнал), 5: 135–145.
- Панжин А А, Сашурин А Д, Боликов В Е, Ручкин В И, Ефремов Е Ю, Панжина Н А. 2016. Особенности проведения геодинамического мониторинга на Узельгинском месторождении[J]. Проблемы недропользования, 4(11): 81–89.
- Панина Л В, Зайцев В А, Сенцов А А, Агибалов А О. 2016. Неотектоника центральной части Восточно–Европейской платформы" Бюллетень Московского общества испытателей природы[J]. Отдел геологический, 4–5: 51–60.
- Петров Е И, Тетенькин Д Д. 2021. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально–сырьевых ресурсов российской федерации в 2020 году[R]. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра), 1–572.
- Петров О В, Гурская Л И, Феоктистов В П. 2013. Металлогения никеля и перспективы развития его сырьевой базы в россии[J]. Региональная геология и металлогения, 54: 64–74.
- Полухин О Н, Петин А Н. 2016. Стратиграфическое положение залежей богатых железных руд и бокситов Белгородского и Оскольского рудных районов курской магнитной аномалии[J]. Региональные геосистемы, 11(232): 165–171.
- Понарядов А В. 2017. Минералого–технологические особенности ильменит–лейкоксеновых руд Пижемского месторождения, средний Тиман[J]. Вестник института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, 1(265): 29–36.
- Радомская Т А, Глазунов О М. 2009. Редкоэлементный состав пород и руд платиноидно–медно–никелевых месторождений кингашского типа[J]. Науки о Земле и недропользование, 35(2): 37–42.
- Радомский С М, Радомская В И. 2019. Платиновые металлы на Бамском золоторудном месторождении Верхнего Приамурья[J]. Георесурсы, 21(1): 26–30.
- Расказов С В, Чувашова И С. 2013. Глобальное и региональное выражение новейшего геодинамического этапа[J]. Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический, 88(4): 21–35.
- Рожков В П, Метелев А Е, Кугай С П. 2012. Математическое описание пространственного искривления алмазных скважин на Восточной части месторождения «Медвежий» и западном участке Ведугинского месторождения[J]. Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии, 5(4): 389–396.
- Рыжков Ю, Сурначев А. 1960. Предохранение грунта от сезонного промерзания в условиях Туганского месторождения[J]. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 113: 21–26.
- Рыжкова С О, Таловина И В, Лазаренков В Г, Воронцова Н И, Уголков В Л. 2009. Никеленосные оксиды железа Буруктальского месторождения, Южный Урал[J]. Записки Горного института, 183: 101–111.
- Савельев Д Е, Блинов И А. 2020. Благороднометалльная минерализация в апатит–титаномагнетитовых рудах суроямского массива (средний урал)[J]. Георесурсы, 22(4): 98–100.
- Савко А Д, Овчинникова М Ю. 2020. Основные типы и минеральный состав бокситов курской магнитной аномалии[J]. Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки, 162(2): 274–289.
- Савчук Ю С, Волков А В, Аристов В В, Сидоров В А, Лямин С М. 2018. Строение и состав золоторудных залежей месторождения Павлик[J]. Руды и металлы, 2: 77–85.
- Сазонов А М, Ананьев А А, Полева Т В, Хохлов А Н, Власов В С, Звягина Е А, Федорова А В, Тишин П А, Леонтьев С И. 2010. Золоторудная металлогения Енисейского кряжа: геолого–структурная позиция, структурные типы рудных полей[J]. Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии, 3(4): 371–395.
- Салихов В С. 2011. Особенности минерагении Кодаро–Удоканского рифтогена[J]. Вестник Забайкальского государственного университета, 3: 77–84.
- Седова А М, Евдокимов М Д. 2018. Характеристика химического состава и эволюция клинопироксенов комплекса эвдиалитовых луювритов Ловозерского щелочного массива[J]. Вестник Санкт–Петербургского университета. Науки о Земле, 63(1): 69–102.
- Секисов А Г, Трубачев А И, Салихов В С, Лавров А Ю, Рубцов Ю И, Шевченко Ю С. 2018. Геолого–минералогические особенности Кручининского россыпного месторождения как

- основа для разработки технологии извлечения золота[J]. Вестник Забайкальского государственного университета, 24(8): 29–38.
- Серавина Т В, Конкина А А. 2019. Особенности локализации докембрийских стратиформных месторождений свинца и цинка Сибири[J]. Труды Кольского научного центра РАН, 6(1): 206–214.
- Сергеева Л Ю, Березин А В, Гусев Н И, Скублов С Г, Мельник А Е. 2018. Возраст и параметры метаморфизма гранулитов Капральско–Джегесского синклиория Анабарского щита[J]. Записки Горного института, 229: 13–21.
- Сердюк С С, Макаров В А, Кириленко В А, Макаров И В, Муромцев Е А, Шведов Г И. 2021. Геология и колчеданно-полиметаллическое оруденение прогнозируемого лимонитового месторождения рассохинского рудного узла (енисейский кряж)[J]. Руды и металлы, 4: 22–42.
- Сивов А Г, Томашпольская В Д. 1969. К вопросу о стратиграфическом положении и возрасте еланского и обручевского горизонтов[J]. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 165: 252–262.
- Соколовский А К, Макарова Н В, Суханова Т В, Макаров В И. 2003. Современные геодинамически активные зоны юга Восточно–Европейской платформы и их влияние на окружающую среду[J]. Записки Горного института, 154: 122–124.
- Сорокин А П. 2001. Новые подходы к оценке нефтегазоносности осадочных бассейнов Верхнего Приамурья[J]. Региональные проблемы, 5: 13–20.
- Сорокин Е М, Астахова Ю М, Быстров И Г, Иванова М В, Ожогина Е Г, Ружицкий В В, Якушина О А. 2015. Минералого–технологические особенности железных руд Серовского месторождения[J]. Вестник института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, 1(241): 18–23.
- Спирина А В. 2021. Особенности проявления контактового метаморфизма руд ново-учалинского месторождения на южном урале[J]. Вестник института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, 2(314): 9–13.
- Субботин В В, Корчагин А У, Савченко Е Э. 2012. Платинометалльная минерализация Федорово–Панского рудного узла: типы оруденения, минеральный состав, особенности генезиса[J]. Вестник Кольского научного центра РАН, 1: 54–65.
- Суриен Т Н. 2020. Лампроитоиды Магнитогорской мегазоны (Южный Урал): петролого–геохимические особенности и геодинамическая обстановка формирования[J]. Вестник Санкт–Петербургского университета. Науки о Земле, 65(1): 194–217.
- Таймасов Д В, Бурмако П Л. 2014. Условия размещения и минеральный состав руд месторождения Заполярное (Кольский полуостров)[J]. Известия Уральского государственного горного университета, 2(34): 25–30.
- Токусарова Д М. 2015. Исследование геологических и геодезических характеристик месторождений золота в Северном Казахстане и Республике Саха (Якутия)[J]. Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, 2(2): 13–16.
- Тонких М Е, Барышев А С, Егоров К Н, Кошкарёв Д А. 2011. Структурная позиция траппов юга Сибирской платформы[J]. Вестник Иркутского государственного технического университета, 59: 65–73.
- Фатьянов И И, Хомич В Г, Борискина Н Г. 2010. Скрытая зональность низкосульфидного золото–серебряного оруденения Многовершинного месторождения (Нижнее Приамурье)[J]. Горный информационно–аналитический бюллетень (научно–технический журнал), 6: 127–133.
- Федорова А А, Чернышова Н Е. 2009. Особенности формирования метасоматических образований и руд на Быстринском золото–железо–медном месторождении Восточного Забайкалья[J]. Вестник Забайкальского государственного университета, 1: 136–143.
- Хаин В. Е. 2019. Геологическое строение. Большая российская энциклопедия[R]. Электронная версия.
- Хамитов Р А, Чернов А Л, Гуфранов Р А, Девятков И И. 2003. Состояние минерально–сырьевой базы Республики Башкортостан, основные проблемы и пути их решения[J]. Известия Уральского государственного горного университета, 17: 11–14.
- Храмов И В. 2010. Масловское месторождение Норильского промышленного района: морфология и внутреннее строение расслоенного интрузива[J]. Вестник Московского университета. Серия 4. Геология, 2: 73–76.
- Худорба О А, Гребнев Е А. 2007. Оценка современного состояния инженерно–геологических условий Тасеевского золоторудного месторождения[J]. Науки о Земле и недропользование, 31(5): 116–119.
- Чернова А Д, Шатагин Н Н. 2013. Эффект пропорциональности в кварц–золоторудных жилах месторождения Кекура (Восточная Чукотка)[J]. Вестник Московского университета. Серия 4. Геология, 6: 29–32.
- Чифранова А В, Лаломов А В, Борисовский С Б, Григорьева А В, Чифранов Р М, Бочнева А А. 2015. Геохимические особенности типоморфных метаморфических минералов Бешпагирского месторождения редкометалльно–титановых россыпей[J]. Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, 10: 46–51.
- Чубаров С А. 1971. Характер распределения золота в жилах николаевского месторождения (центральное забайкалье)[J]. Известия Томского политехнического университета.

- Инжиниринг георесурсов, 217: 228–231.
- Чувашова И С, Рассказов С В, Йиминь С. 2017. Новейшая геодинамика Центральной Азии: первичные и вторичные мантийные расплавы аномалии в контексте орогенеза, рифтогенеза и движения–взаимодействия литосферных плит[J]. Геодинамика и тектонофизика, 8(1): 45–80.
- Шаймаков А Б. 2021. Тектоническое строение ярегского нефтяного месторождения[J]. Вестник магистратуры, 114: 8–9.
- Шевченко Б Ф, Попеко Л И, Диденко А Н. 2014. Тектоника и эволюция литосферы восточной части Монголо–Охотского орогенного пояса[J]. Геодинамика и тектонофизика, 5(3): 667–682.
- Юшманов Ю П, Верещаков В В. 2007. Платиноносность золото–медно–порфириновых руд месторождения Лазурное, Приморье[J]. Региональные проблемы, 8: 106–109.
- Яковлев А В, Ермаков Н И. 2007. Геомеханическое состояние прибортовых массивов Рудногорского месторождения[J]. Горный информационно–аналитический бюллетень (научно–технический журнал), 3: 184–188.

附中文参考文献

- 鲍庆中, 周永恒, 邵军, 柴璐, 王宏博, 张璟, 张哲寰. 2015. 俄罗斯远东东北部中生代造山带成矿地质背景——兼论鄂霍茨克—楚科奇火山深成岩带金属成矿作用[J]. 地质通报, 34(4): 605–617.
- 柴璐, 鲍庆中, 周永恒, 李霄. 2017. 东北亚地区铜矿资源与供需概况[J]. 矿产综合利用, 38(6): 26–30.
- 阎鸿铨. 2019. 特列利措夫矿田一个大型—超大型铀矿床群在苏联时期是怎样被发现和被勘探的[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 49(4): 909–923.
- 周永恒, 鲍庆中, 柴璐, 张哲寰, 时建民, 段瑞炎. 2013. 俄罗斯乌多坎砂岩型铜矿的成矿特征与找矿标志[J]. 地质科技情报, 32(5): 153–159.
- 周永恒, 刘长纯, 吴涛涛, 鲍庆中, 吴大天. 2018a. 俄罗斯后贝加尔地区火山岩型铀矿地质特征与找矿模型[J]. 地质与勘探, 54(6): 1238–1246.
- 周永恒, 张森, 吴涛涛, 鲍庆中, 吴大天, 柴璐, 刘金龙. 2018b. 俄罗斯铜矿资源勘查开发现状、潜力及投资建议[J]. 地质与勘探, 54(6): 1227–1237.