

· 国外科技动态 ·

当前国外成矿理论及矿产预测的研究现状和趋势

吴 承 栋

(地质矿产部情报研究所)

近年来许多地区面临寻找隐状矿床和选择勘查靶区的现实,促使研究人员更重视了理论预测在选区中的作用。然而,当前地质理论的发展与当代找矿工作的要求是很不适应的。如前任国际地科联主席、加拿大著名地质学家 R.W.哈钦森就指出^[2],当前地质理论是不完善的,有的甚至是错误的,研究范围也过窄,而且带有很大的片面性。他认为:为了改变这种状况,必须加强矿床区域成矿环境和矿床成因的研究,鼓励新的成矿理论和成矿认识的发展,改变目前存在着的、阻止对已发表的或已被人们接受的观点进行本质上改变的状况。

(一)近二十年来成矿概念发生了一些根本性的变化。主要表现在:广义的同生成矿理论受到了广泛的重视和赞同。许多过去认为是后生成因的金属矿床,现在认为是与围岩同时形成或近于同时形成。与此相适应,沉积成矿理论和层控矿床的研究受到各国普遍重视。当前层控矿床研究的重点是:1.查明含矿建造及其分布;2.研究层控矿床的主要标志(包括矿量特别集中部位的标志)以及形成机理。

过去认为是在深部形成的许多矿床,现在认为是在当时的地表或地表附近,即在浅部形成的。与此相适应,近年来大力加强了火山成矿作用、冷水常温常压下的成矿作用、沉积成矿作用和生物成矿作用的研究。

热液成矿理论本身也发生了很大变化。目前正在形成一种崭新的热液成矿理论,认为热液矿床的形成不一定都与岩浆有关,热液和成矿物质可以有各种来源。近年的大量文献资料表明,渗流水形成的热液及其在特定条件下的对流循环对形成热液矿化,尤其是在地壳上部形成热液矿化具有巨大意义。对许多矿床(如黄铁矿型矿床,铁锰矿床,金矿床,甚至某些铬、镍、钨、铂矿床)都有人提出了可能由非岩浆成因的热液形成的认识,主张成矿热液是由岩浆体使渗流水发生对流循环并从围岩中渗滤出有关金属而产生的。研究还发现许多岩浆期后矿体(含矿伟晶岩、矽卡岩、热液脉、含水晶脉、碳酸岩、某些斑岩矿床等)的矿物成份、总是在很大程度上取决于围岩的成份,说明围岩是成矿物质的重要来源。因此,各类岩浆期后矿床矿液矿质的来源,围岩对岩浆期后矿床的影响,大范围内围

岩中金属迁移和富集成规模巨大矿床的机理都是当前受到重视的研究课题。如 R.W. 哈钦森就认为^[3], 热液对流循环系统可形成各种金属产物, 以块状矿层到细脉浸染型矿石。除有色金属外, 锡、铬、铅、镍、钨、铂、钯等元素也可由热液或喷气活动形成, 它们是在氧化还原电位较低条件下由高温卤水携带经喷发进入洋底环境中的。他认为, 开展矿产普查必须查明古老高温热液活动区, 详细评价区域热力作用和由裂隙和孔隙分布所造成的区域渗透模式之间的关系, 找出对流热液系统的补给区和排泄区, 并可根据已知地热田的规模来指导勘查工作。

矿石是在活动的地球化学障上沉积的理论引起了各种普遍的重视。A. И. 别列尔曼专门研究了地球化学障的类型及在各类地球化学障上矿石沉积的类型。Г. Б. 纳乌莫夫认为, 为了产生能使大量成矿物质聚集的局部地球化学沉积障必须有两个相反趋势的结合: 元素在源区活动性最大, 在沉积带中活动性最小。

(二) 区域成矿理论正在进行新的探索, 突出表现是努力应用板块构造理论进行成矿分析。当前这方面研究正向板块活动有关的各种地动力环境的成矿特点及其间的差别的研究方向发展。苏联1976年出版的《全球构造、岩浆活动和成矿规律》和1979年出版的《活动论和找矿地质准则》两本书就较系统地探讨了板块间各种地动力环境(裂谷带、岛弧带、大陆板块向大洋板块超覆, 大洋板块俯冲到大陆板块之下, 大陆板块推覆到大洋中脊之上, 俯冲带和碰撞带)的成矿特征。在这方面特别值得注意的是裂谷作用与成矿关系的研究。有人认为, 世界上大多数大型、特大型矿床, 特别是板块内的许多矿床(如层状铜矿、含铁石英岩型铁矿、北欧和纳米比亚的热液铜矿, 布什维尔杂岩体和肖德贝里杂岩以及有关矿床, 与非造山带花岗岩有关的锡矿等)都与热点和线性分布的热点所形成的裂谷有关。在这方面还正在研究地幔喷流与大规模玄武质火山作用之间的关系, 在美国的斯内克河区以及苏联的诺里尔斯克都在进行着这项研究工作。与此同时, 越来越多的人试图把板块构造控矿概念和模式引入大陆内部, 并试图探讨板块构造理论与传统台槽成矿理论的关系。如美国人 E. W. 图克就研究了美国已知金属区与板块构造的关系。K. Б. 沃罗契科维奇以中亚褶皱带为例探讨了板块理论和地槽成矿理论进行成矿分析的可能性和异同之点。

尽管板块构造理论及其成矿意义的研究受到各国重视, 但各国都有人反对板块构造理论及其成矿意义, 其中许多是长期从事矿床和矿产分布规律研究的专家如: 苏联的 B. И. 斯米尔诺夫、E. A. 拉德克维奇、M. И. 伊奇克松、M. A. 法沃尔斯卡娅、法国的 P. 鲁蒂埃、美国的 A. 诺布尔等。其主要论据之一是板块理论解释不了成矿作用往往在很长一段地质时间内位置固定不变且存在明显继承性的问题。此外, 某些与俯冲消亡带平行的矿带(如北美矿带)宽达1500公里, 且矿化明显受与俯冲消亡带垂直的横向构造控制。

以传统台槽构造学说为基础, 采用建造分析方法总结出的区域成矿理论, 近年也有新的发展。即继续研究不同类型地槽(活动带)的成矿特点, 活动带固化后构造岩浆活化作用对成矿的影响, 活动带造山期前的成矿特点以及中间地块的成矿特点(具有地台、地槽和构造岩浆活化带的成矿特点)等, 并进一步肯定了地槽带与其边框接合处的边缘含矿断裂的重大成矿意义。其中特别重视地台构造岩浆活化作用对成矿影响的研究。查明遭受岩浆活化作用的地区、活化区含矿性与基底含矿性和基底地球化学类型的关系, 是受到重视

的研究课题。

六十年代以来，美苏都十分重视区域性深大断裂与成矿关系的研究。许多人认为，长期活动的超壳型深大断裂是聚矿构造，对成矿有重要意义。苏联科学院金属矿床地质、矿物、岩石、地球化学研究所M. B. 法沃尔斯卡娅等人认为，研究和分出这类深部形成的穿透型聚矿构造是在全球和区域范围内预测大矿床的主要方向。她认为^[17]，当前在这方面需要研究的是：建立全球穿透型构造网产生和发育的理论模型；在建造分析基础上加深对长期内生活动结形成作用的认识；进一步研究查明构造和物质异常的数学方法。

研究金属区及其成因，研究金属区与区域成矿规律的关系和矿化的继承演化。这方面的代表人物是法国矿床学家P. 鲁蒂埃。他认为，客观存在的具金属潜力的特定的金属区（实际上是通达地幔的一个地质体）是最早控制成矿的因素，这种金属区常是多类型和多时代的，并具有明显的地球化学稳定性，可能是多次继承性富集造成的结果。因此，要进行矿产预测首先要查明金属区。

（三）在内生成矿理论的研究方面，火山成矿理论的发展最值得重视。当前这方面研究工作的情况是：1. 对现代火山成矿系统进行了大量系统的研究；2. 火山成因矿床的研究范围包括了在火山机体不同部位形成的矿床；3. 火山成矿理论的应用正向寒武纪变质火山岩区扩展；4. 研究不同火山岩带的成矿特点，含矿火山岩带的类型以及查明主要的控矿火山构造；5. 火山岩相和火山构造填图以及编制不同时期的古火山地质图件已成为在火山岩区（包括已变质的古火山岩区）开展成矿预测不可缺少的基础工作。

花岗岩的成因及其成矿专属性仍是国际上注意研究的课题。国际地质对比计划第70号项目（环太平洋深成岩浆作用）和第26号项目（与酸性岩浆作用有关的矿化作用）均与此有关。目前人们认为，在开展矿产预测时，区分不同成因的花岗岩，分别研究其成矿专属性是极其重要的，而且产生岩浆的源岩的成份和岩浆侵位的环境是决定花岗岩矿化类型的关键因素。

（四）在沉积成矿理论研究方面，出现了更深入地研究各种沉积矿产的形成环境，并在此基础上建立各种沉积矿产的形成模型（包括沉积环境和几何形态）来预测沉积矿产的趋势。西方国家更注意根据对现代沉积矿产形成环境的研究来推导过去。苏联仍以建造分析方法和再造成矿时期的古地理环境来作为预测沉积矿产的基础，近年又大力加强了沉积矿产在地壳中的分布规律与沉积岩石形成作用演化的关系的研究，试图在此基础上建立海相和陆相沉积岩及有关矿产形成的物理化学模型。与此同时，国外还进一步加强了构造因素对沉积盆地形成影响的研究，在此基础上划分盆地类型及与其有关的沉积成矿建造。研究岩相对沉积矿产的控制是国外近年研究较多且取得明显找矿效果的研究方面。岩相古地理研究已成为矿产预测中一项必不可少的重要基础工作。许多人认为，要进行矿产预测不但要编岩相古地理图，还要编建造古地理图，而且编图时必须考虑古地理磁极的变化和古纬度。

（五）在研究变质作用和变成矿床方面，研究变质岩的原岩建造及其含矿性，已成为变质岩区矿产预测中的重要因素。

苏联A. B. 西多连科学派认为^[14]，必须研究形成变质岩原岩的古老沉积盆地的地球化学专属性，因为古老沉积盆地的地球化学专属性决定了变质岩区各大带的成矿特点。

B. M. 卡赞斯基提出的原始活化作用与成矿作用的关系是另一值得注意的研究方向^[11]。他认为,在太古代末元古代初陆壳稳定地块被大断裂分割,并受强烈变形。与此同时,伴随有火山作用,沉积物的堆积作用,超基性、碱性和酸性侵入体的侵入作用以及大规模的各种内生矿化作用。作者把这些现象概括为原始活化作用,其相应大地构造单元为原始活化区。他认为,前寒武纪结晶基底中的含铌钽矿化的碱性交代岩,含铁钛矿化的斜长岩,产有硫化铜镍矿床和铬铂矿床的分异的超基性基性侵入岩,与花岗岩共生的某些稀有金属伟晶岩和含云母的伟晶岩以及伴生有各种矿化的中心型多建造的岩浆杂岩都与原始活化作用有关。他把原始活化作用分为三种类型。构造深成作用型原始活化区(成矿组份与地幔源侵入体一起出现);构造变质作用型原始活化区(成矿组份是在高温流体参与下富集的);构造交代型原始活化区(成矿溶液是由变质期后溶液聚集起来的)。

此外,值得注意的研究课题还有:成矿元素在变质作用中迁移和富集的方式及其机理;变质相与变质程度与成矿的关系,特别是绿片岩相变质前条件下的成矿作用,超变质作用、进化式变质作用和退化变质作用与成矿的关系;变质水的成因及其成矿机理;变质岩形成前后的岩浆活动与变质岩区成矿的关系等。

目前许多人认为,变质岩区的岩石的含矿性取决于多种因素。如 H. H. 别列夫采夫就认为^[12],变质岩区的含矿性至少与以下三种因素有关:1.原岩中金属含量偏高或有矿产存在,以及这些岩石的分化与分解;2.出现有变质作用和超变质作用形成的金属的富集和矿床;3.在变质岩形成后又较晚期岩浆活动所造成的矿床。

(六)盐类的成因及其与各种矿产的成因和空间关系,是近年来国外受到重视的研究课题。愈来愈多的资料证明,盐类物质可能有深部来源,盐类沉积顺序与海水蒸发试验结果并不一致,因此,盐类沉积不一定是海水蒸发形成。目前一部份人认为,大型含盐盆地主要是受深断裂控制的构造盆地,盐类可能有内生来源,盐类沉积可能是深盆干化形成。

已查明,盐类沉积与许多矿产(石油、天然气、自然硫、铜、铅、锌、铀、银、钒、铬、镍、钴、磷等)都有明显伴生关系,盐类中的某些组份在许多金属迁移、沉积和富集中起重要作用,而且盐类沉积本身所含大量金属也可能是成矿物质的部份来源。

(七)金属矿床与油气的成因和空间关系,是六十年代末期以来就受到人们重视的研究课题。有证据说明,油气和油田水与某些金属矿床可能存在成因和空间关系,研究较多的是碳酸盐岩中的铅锌矿床与油气田的关系。目前这方面的研究正着重探讨沉积盆地内的油气田与金属矿床之间的成因关系和相对空间位置以及含油气盆地内金属矿床的普查标志。

油气与煤的成因和空间关系问题也已提了出来。不少人提出了煤在碳化作用的中期阶段(中挥发烟煤形成阶段)可以生气生油的想法,提出了应在含煤地层中找油气的意见。最近,日本地质学家坂仓胜彦^[13]专门著文探讨了利用煤岩研究成果找油的可能性,提出可利用沉积岩中镜质组煤的反射率来判断沉积岩的生油远景(反射率在0.8~1.1%之间时产油活动最活跃),主张在石油地质工作中要起用煤岩研究人员。

(八)总体来看,七十年代以来矿床学领域的研究工作更着重在以下几方面进行较多的探索:

1. 在综合分析全球有关地质和实验资料的基础上建立更多矿种的成矿模型,并查明

不同矿种不同类型矿床模型之间的内在联系以及与成矿条件从前寒武纪到现代变化的关系。如苏联在1981年5月在新西伯亚就召开了研究内生矿石建造成因模型的全苏会议，研究了建立内生矿石建造成因模型的原则以及铜镍、稀有金属、铜钼、多金属、金和锑汞矿床的成因模型。^[18]

2. 研究区域上不同类型矿床的组合规律，内生和外生成矿作用之间的关系。

3. 研究地壳与上地幔物质成份、结构构造和地壳与地幔的相互作用及其与矿床形成和分布的关系。

4. 研究现代成矿系统（包括现代火山和热泉的成矿作用，现代卤水成矿作用，洋底锰结核的成份，分布和成因，大洋中脊成矿作用，等等），对自然界的各种作用和与成矿有关蚀变作用进行实验室模拟研究（特别是研究成矿的水热系统），大力开展包体研究和矿物中微量组份的研究，并将研究结果与现代成矿研究结果相比较。

5. 探索利用基础学科的进展和相邻学科的成就解决矿床学问题的途径。

二

当前国外矿产预测工作的特点是：

（一）综合性的矿产预测工作引起各国普遍重视。许多国家都在综合分析资料（配合进行必要的专题研究）编制各种比例尺和各种形式的矿产预测图，加强矿产区域分布规律和矿产区域预测标志的研究。

（二）矿产的全球性对比研究和全球性预测工作有了明显的加强。越来越多的矿种的成矿规律和预测标志是在全球类比研究的基础上提出的（如一些矿种的成矿模型）。这已成为衡量当代成矿预测水平的一个重要标志。出现了研究全球和跨越洲际矿带的矿产分布规律和编制相应的矿产预测图的尝试。如苏联召开过三次全苏会议研究太平洋矿带成矿规律，出版了三本以上的专著，并编制了比例尺1:1500万的太平洋矿带成矿规律图。国际上已召开了三次太平洋矿产和能源会议，研究环太平洋带的矿产潜力和开发前景。

（三）在矿产预测方法方面，建造分析方法（成矿系列）和矿床模型法已成为当前国外进行矿产预测时所采用的重要有效方法。苏联主要是采用建造分析方法开展矿产预测工作。他们把矿石建造看成是地质建造的组成部份，并试图在查明地质建造、交代建造和矿石建造的相关关系和建立三位一体建造的基础上开展矿产预测工作。最近有人指出，在进行局部预测时还必须注意研究与矿有关的地质异常，加强建造内的分析，查明组成建造的各岩组的地质特点及其与矿化的关系。鉴于同一矿石建造可能与不同地质建造有关，成矿分析时还广泛使用了矿床建造类型的概念。西方则偏重于采用矿床模型法开展矿产预测工作，主要是以深入解剖区域典型矿床为基础，并参考世界有关矿床资料建立矿床模型，如预测阿拉斯加矿产潜力的模型就主要是以北美矿床资料为基础建立的。此外，有人还提出了分级预测和建立相应预测标志的倡议^[11]，认为今后应加强较大规模成矿单元（矿域、成矿区、矿区、矿结、矿田）的研究，并将其与规模相应的地质构造单元和构造物质单元相对比，还必须研究不同规模成矿单元套叠现象的空间分布和出现特点，并评价这一条件

对各矿区、矿结和矿田含矿远景的影响。

(四) 矿产预测的标志向综合化发展

查明成矿的区域地球化学标志, 区域地球物理标志、航天资料特征、深部构造特征以及预测大型矿床的标志, 是当前尤其受到重视的研究课题。

在研究分析各种地球化学资料的基础上查明地球化学区和矿产的区域地球化学标志, 研究地球化学区与各级成矿单元的联系是当前国外重点研究的课题。苏联等国认为, 查明地球化学区和编制地球化学预测图应成为普查和预测矿床的基础, 因为这样做可以考虑所有元素及其共生组合的富集情况, 而不仅考虑形成矿床元素的工业富集, 可使我们做出更广泛的预测, 如分析叠加地球化学区的分带和预测新类型的矿化及其产物等。对地球化学图也提出了更高的要求: 从单个元素分布图向元素共生组合分布图过渡; 更精确地分出地球化学场中的同生和后生组份; 查明和表示出地球化学场的分带, 定量评价含矿性参数; 进一步完善使用数学方法解决地球化学问题的能力。苏联已召开专门会议研究地球化学填图和根据地球化学研究成果普查预测金属矿床的问题。苏、保合作对这一问题进行了专题研究, 其成果已于1978年以《预测普查金属矿床时地球化学研究的原则和方法》一书的形式出版。

查明矿产的深部构造标志, 是六十年代中期以来受到重视的研究课题。目前这项工作尚处于积累资料阶段。苏已利用深部地质成果编制了莫霍面埋深与成矿区相关关系图, 并在一些矿区进行了详细的深部构造研究, 查明了一些与成矿有关的典型的深部构造标志。这里需要指出的是, 根据区域物探资料查明深部构造时最好有深钻资料的配合。苏联科拉半岛深钻资料表明, 根据物探资料解释出的深部构造与实际情况有时有很大出入。

(五) 数学方法和计算机在成矿预测中的应用正日益普及。目前国外在成矿预测中应用最广的是多变量统计方法(加拿大)和逻辑信息方法(苏联), 具体方法视地质特征, 资料情况和预测任务而异。需要注意的是, 现在的许多数学方法并不成熟, 许多尚处于试验验证阶段, 国外在采用数学方法预测矿产时常出现一些与地质预测相矛盾的结论。实践证明, 方法和变量的选择对预测效果和可靠程度有决定性的影响。当前这方面重点研究的课题是: 查明解决各种预测任务的最佳数学方法; 研究数据结构, 解决资料不均匀等问题; 研究筛选对预测最有效变量的方法; 研究如何从定性变量转化成统计所需要的定量变量; 研究综合资料的数学方法等。

(六) 对资源进行定量预测和评价是近年矿产预测工作中受到普遍重视的问题。苏联地质部长E.A.科兹洛夫斯基1981年在谈到苏第11个五年计划期间(1981—1985)应用地质学科科研任务时指出^[13], 首先要进一步完善定量预测, 特别是局部预测方法…。苏美均已召开了全国性会议, 专门研究如何对本国资源进行定量评价。苏联对各经济区和矿区、煤田以及一些大型矿床都开展了这项工作。美国七十年代初就对许多矿产的潜力做过概略性评价, 目前正进行重要盆地油气的详细定量评价工作, 还正执行全国铀矿资源评价计划和美国本土矿产评价计划。全球矿产资源评价工作也正在筹备之中。继国际地质对比计划98号项目之后可能出现两个新项目: “次大陆矿产资源编目”和“资源评价方法的转换”, 实际是为进行全球资源评价做准备。当前, 矿产定量预测工作在各国还都处于广泛的试验阶段, 已有的评价方法并不成熟, 有待改进和完善, 而且已有的方法都有一定的适用范围

和资料要求。实践证明,不同矿种不同类型矿产的定量评价方法应有所区别。目前,国外在矿产定量评价方面研究的侧重点是:

1. 在进行广泛试验的基础上进一步完善现有的6种定量评价方法,提出不同矿种不同类型矿产定量评价方法的细则。

2. 研究对不同级别成矿单元进行定量预测的方法和资料要求,在此基础上提出评价定量预测成果可靠程度的标准。

3. 研究利用各种地球化学资料,特别是原生晕和分散流资料进行矿产定量预测的方法,探讨矿产储量与地壳元素丰度和区域地球化学背景值之间的相关关系。

4. 研究把矿产定量评价与矿产经济评价结合起来的方法。

5. 建立各级预测储量的分类,并与各级定量预测工作联系起来。

6. 研究各种数学方法和计算机在定量预测工作中的适用性。

7. 研究定量预测成果的表现形式。

至于进一步完善成矿预测的途径,苏联成矿规律研究的牵头单位——全苏地质研究所等有关机构认为,首先应开展以下几方面的工作:

1. 进一步发展建造分析方法,并研究与此有关的问题,特别是区域构造分区问题和认识地质演化的普遍规律。

2. 根据地质、地球物理和地球化学资料以及对地壳剖面中矿石和含矿岩石分带性的全面研究拟定立体成矿预测的原则和方法。

3. 研究再造成矿时期古环境的方法,并在利用古地貌图,古水文地质图、古气候图、古地理和古构造再造图以及新全球构造学说的基础上再造成矿时期的古环境。

4. 进一步研究矿床成因,分析地质发展中成矿作用在时间上的演化过程。

5. 研究成矿的侵蚀程度和保存条件。

6. 开展矿产定量预测。

7. 实现矿产预测工作数学化。

8. 研究不利于成矿的标志。

9. 研究特大型矿床的标志。

10. 研究和预测新类型的矿化等。

本材料在编写中参考利用了地质矿产部情报研究所出版的许多材料,并承蒙冯钟广同志审阅,提出宝贵意见,在此一并致谢。

主要参考文献

(1) Eidel, J. James, 1981, Preliminary results of the SEG Research Questionnaire, *Economic Geology*, No. 2, 542—543

(2) Hutchinson, R. W. 1981, Geological technology is sound alive and well, *The Northern Miner*, 1981 April, 16, B20

(3) Hutchinson, R. W. 1980, Deep fluid penetration and ore deposition, *Miner. Sci. and Eng.* 12, No. 3, 107—120

(4) Brown, G. C. 1980, Basement heat flow and metalliferous mineralization in England and Wales, *Nature*, 288, No. 5792, 657—659

(5) Lewis, Alin. 1981, The search for concealed orebodies in prompting researchers to look more cl-

only at the environments in which ore deposition occurs, Engineering and Mining Journal, Vol. 182, №. 7

(6) Белевцев Я. Н. 1980, Главнейшие принципы металлогении докембрийских щитов, Металлогения и минеральные месторождения, Международный геологический конгресс 26 сессии, Доклады советских геологов.

(7) Белевцев Я. Н. 1980, Проблема металлогении Докембрия.

(8) Белевцев Я. Н. 1981, Метаморфогенное рудообразование низкотемпературных фаций и ультраметаморфизма.

(9) Бурдэ Б. И. 1980, Геохимические карты и их использование при поисках и прогнозе рудных месторождений, Советская геология №7.

(10) Григорьев В. М., Кривцов А. И. 1981, Важнейшие проблемы и противоречия Рудной геологии, Известия высших учебных заведений, Геология и разведка №12.

(11) Каждан А. Б. 1981, О системном подходе при региональных металлогенических исследованиях, Советская геология № 6, 124-126.

(12) Казанский Е. А. 1981, Протоактивизация и эндогенное рудообразование, Металлогения и минеральные месторождения, Международный геологический конгресс 26 сессии, Доклады советских геологов.

(13) Козловский Е. А. 1981, Основные направления дальнейшего укрепления минерально-сырьевой базы страны в свете решений 26 съезда КПСС, Советская геология №6, 3-10.

(14) Ковалев А. А. 1978, Мобилизм и поисковые геологические критерии.

(15) Рундквист Л. В. 1978, Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые.

(16) Смирнов В. И. 1980, Проблемы металлогении, Вестник Московского университета №3.

(17) Фаворская М. А. 1981, Прогноз при поисках эндогенных рудных месторождений, Советская геология №10, 21-28.

(18) Генетические модели эндогенных рудных формаций, Тезисы докладов Всес. совещ., новосибирск, 20-22, мая 1981.

(19) 坂仓胜彦, 1981年, 石炭地质と石油地质, その接点, 日本「地学杂志」90卷, 第4期(844)