

火山帯の系統的分類とそのメタロジェニー*

G. M. VLASOV*

(ソ連科学アカデミー極東科学センター構造地質・地球物理研究所)

岸本文男**訳

筆者は、各種オーダーの火山区のタイプ及び亜タイプ並びにそれぞれの帰属の決定をテーマとしたのではなく、火山帯 (volcanic belt) という、もっとも大きな区分の最適な分類形態を見いださそうと試みたのである。最適な形としては、分類した火山帯のタイプは物質組成 (フォーメーション組成)、メタロジェニー、地質構造上の位置、地球物理的特徴、地殻のタイプ、内部構造に差がなくてはならない。そのような場合にだけ、分類は理論と実際にうまく適用できるのである。現在の多くの火山帯分類法は、どれ一つとして上記の条件を満たしたものが無い。もっともよく知られているのは、G. M. フレムド (Г. М. Фрейд) [22], Р. Кн. フレノフ (П. Х. Хренов) ほか [25], N. A. シーロ (Н. А. Широ) ほか [19], V. Ye. ハイン (В. Е. Хайн) [24] の分類である。

造山構造を考慮しただけの G. M. フレムドの分類の根底には、火山帯の継承性ないし重複性がおかれている。しかし、このような指標は一つの火山帯内でさえ、一定しない場合が多い。たとえば、東アジア火山帯の北オホーツク区部分では、その火山帯が中生代前期の構造とそれより古期の構造に重なり、東シホテアリン区部分では継承の指標が認められるのである [4, 12, 20]。オホーツク-チュコトカ火山帯の個々の分帯では、新たな生成体 (重複) か継承性のどちらかの指標が卓越する [3]。G. M. フレムドによって分類された火山帯タイプは、火成活動生成体の物質組成によって区別されていない。主なタイプの火山帯 (継承地向斜型、重複非地向斜型、混合型) の、その火山岩の組成は塩基性から酸性のものに変わる。

P. M. フレノフら [25] の分類の原則は不明瞭で、その

分類によると、“外地向斜” 重複火山帯はその形成作用 (自アクチビゼーションもしくは随伴アクチビゼーションによる) と位置 (内陸と陸縁) にしたがって区分されている。自アクチビゼーション生成体ないし随伴アクチビゼーション生成体に火山帯を入れるための規準は、いうまでもなく、基本的な分類指標として用いるには、あまりにも不確定的にすぎる。そればかりでなく、自アクチビゼーションの存在は概して疑問視されているのである。最近の資料によると、何人かの研究者によって自アクチビゼーションによる形成と説明されていた周縁火山帯 (marginal volcanic belt) と、地向斜系の造山生成体との間に密接な関係のあることが明らかにされている [8, 12 ほか]。フェドチン (F. G. Fedchin) ら [23] は、東シホテアリン火山帯が中生代後期のシホテアリン地向斜の逆転段階から継承されたものである、と指摘している。

N. A. シーロら [19] の分類では、火山帯をまず第一に地向斜構造と造山構造中でのその場所によって、第二に地質発展段階によって区分するという面白い試みがなされている。第一の規準に異議はないが、第二の規準はいくらか不十分である。それは、全く同じ火山帯 (たとえば、東シホテアリン火山帯) がさまざまな発展段階にしたがって別々の分類群に入れられてしまう。この分類は、いくらか補強が必要である。この分類法によると、クリル-カムチャツカ火山弧などの内火山島弧 (inner volcanic arc) は縁地向斜群の沿陸構造に属する。同じ縁地向斜群には、火成岩生成体系 (magmatic formation) 別の島弧とは著しく異なる縁火山帯 (marginal volcanic belt) も含まれている。また、この分類では、塩基性・超塩基性火成活動を伴った、特に優地向斜凹地の火山帯が配慮されていないし、いくつかの火山帯の特徴の表現は正確さを欠いている。例えば、熱水変質岩の分布が広いことは縁火山帯だけでなく、内火山島弧にとっても一つの特徴なのである。

*G. M. Vlasov (1980): Систематика Вулканических поясов и их металлогения. «Советская Геология», no. 11, стр. 64-72 (G. M. Vlasov (1980): Systematic classification of volcanic belts and their metallogeny. «Soviet Geology». no. 11, p. 64-72, in russian)

**鉱床部

第1表 各タイプの

特 徴	大 洋 火 山 帯		大 洋-大 陸
	先 地 向 斜 火 山 帯	初 期 地 向 斜 火 山 帯	地 向 斜 火 山 帯
	楯状火山を有する海嶺など隆起帯	中 央 海 嶺	優 地 向 斜 凹 地
構 造	沈降盆地を縁どる堆状海嶺	トランスフォーム断裂と衝上断層で錯雑した、山頂リフトを有する火山海嶺	等斜褶曲系と衝上断層を有する線状褶曲
主要火山源層系と主要火山源岩-堆積岩層系	アルカリ玄武岩, 基底にソレライト玄武岩	ソレライト玄武岩, 少量のアルカリかんらん石玄武岩, 島にはカルク-アルカリ岩	フリッシュ; スピライト-輝緑岩コンプレックスと石英ケラトファイア-コンプレックス
貫 入 岩	粗粒玄武岩, 輝緑岩	はんれい岩, 粗粒玄武岩; 閃緑岩, 超塩基性岩 (ハルツパージャイト, レールゾライトなど)	はんれい岩, 閃緑岩, 斜長花崗岩, 超塩基性岩
特徴的な交代変質岩	パラゴナイト化, モンモリロナイト化	緑色岩化 (海底プロピライト化); ソジウム交代作用 (スピライト); 蛇紋石化	プロピライト化, リストベナイト化, 蛇紋石化, アルカリ交代作用; 藍閃石片岩
鉱 床	?	Fe, Mn, Cu 硫化物, Ni, Co (鉱染)	Mn, Fe, 硫化鉄鉱, Cr, Pt, Ni Co
地球物理的特徴	モホ面の下降; 火山構成体下の局地的最大重力値	線状磁場構造: 高い熱流量 (軸付近での局地的低下): 大きい地震活動度 (浅発地震)	負アイソスタシー異常; 正重力異常 (≥ 250 mgal); 正負転移磁場; 大きい地震活動度
地殻のタイプ	海洋型; 比較的厚い殻 (15-20 km)	海洋型 (3-5 km); 海底面に近接した“異常”上部マントル	準海洋型及び海洋型, 10-15 km
実 例	ハワイ海嶺	大西洋海嶺, 東太平洋海嶺	東カムチャツカ, 小クリル島弧, 西南日本外帯, 南米パゴニア コルディレラ

よくできているのは, V. Ye. ハイน์[24]が提起した火山帯分類法である. その分類法によって区分された火山帯のタイプは, 系統的に大洋, 地向斜, 造山区, 卓状地の形成をからめた, 一つの進化系列を構成している. しかし, この分類では, 本来の地向斜帯が完全には系統化されていない. 特に, 優地向斜と中央山塊 (median massif) の境界にそって発達する火山帯を一つのタイプとして独立させることには, 疑問がある. それは, おそらく, 縁火山帯の一種であるに違いない. 実際には, 多分, 卓状地火山帯と後卓状地造山火山帯を区分すること

は困難であろう.

筆者が提起する分類 (第1表) は, 全体として, V. Ye. ハイน์の分類法と同じ原則にしたがって組み立てられている. 最初に, 環太平洋構造帯の地向斜系に特有の, 3種のかなりコントラストが強いタイプの火山帯 (volcanic belt ないし volcanic zone), すなわち, 優地向斜凹地型, 内火山島弧型, 縁火山帯型が区分された[5]. 次いで, これらのタイプの火山帯は環太平洋構造帯範囲外の褶曲区にもあることが明らかにされた[12].

大洋底の地質に関する新しい資料が示しているよう

火山帯 (volcanic belt) の特徴

移過火山帯		大陸火山帯	
(造山期を含む)		後地向斜火山帯	
内火山弧 (地背斜隆起)	緑火山帯	大陸地溝帯	トラップ岩区
断層で錯雑した緩い堆状隆起 (鎖状火山分布構造を伴う)	多数の断層を伴う地塊-ドーム構造	断層が発達した階段状地塊構造, しばしば地溝構造	断層転位を伴った, 主として, ほぼ水平に分布する岩層構造
玄武岩-安山岩-石英安山岩-流紋岩共生 (カルク-アルカリ岩群); “緑色凝灰岩”; 凝灰岩質フリッシュ	コントラストの強い共生; 玄武岩, 流紋岩 (イグニンプライト), 粗面安山岩; 高アルカリ岩	アルカリかんらん石玄武岩, 粗面玄武岩-粗面流紋岩; 共生; アルカリ岩, カーボナタイト, 流紋岩, イグニンプライト	ソレアイト玄武岩, ピクライト玄武岩; 粗面玄武岩; キンバーライト
閃緑岩, 花崗閃緑岩	花崗岩, 花崗斑岩, 花崗閃緑岩	カーボナタイト; 霞石閃緑岩などのアルカリ岩	輝緑岩, はんれい岩, グラノファイアー, 輝緑岩ペグマタイト
硫黄孔成変質作用, 下部はプロピライト化とカリ長石化	グライゼン, スカルン, プロピライト, ハロゲン-酸性系列の二次珪岩	プロピライト化, モンモロロナイト化	スカルン; カリ交代作用, ソジウム交代作用
多金属-硫化鉄鉱; プロピライトに伴う鉱石系列 (Cu-Mo, Zn, Pb, Au, Ag, Sb, Hg)	錫-多金属鉱石系列 (Sn, Zn, Pb, Ag); B, W などに伴うスカルン; 斑岩銅鉱 (Cu, Mo); Hg, Au-Ag	多金属鉱 (Pb, Zn, Ag, Au など)	Cu 硫化物, Ni, Fe, Pt
小さなアイソスタシー異常; 高勾配の鮮明な差別的正負転移磁場; 著しく大きい地震活動度	部分的異常を伴ったアイソスタシー平衡; 磁気異常, 平面的にはしばしば等磁的; 地震活動度は小	負ブーゲー異常, 幅の広い地溝ではときに正; 地震活動度・熱流量とも大	正の磁気異常・重力異常
準大陸型, 10-20 km	大陸型, 30-70 km, 玄武岩層の厚さがいくらか厚い	薄い2層の大陸型地殻 (20-30 km); “異常”マントル	大陸型
中央カムチャツカ火山帯, 大クリル島弧; 東北日本内帯	オホーツク-チュコトカ火山帯, 東シホリアリン火山帯, ザバイカル火山帯, 中央カザフ火山帯	バイカル地溝帯	シベリア卓状地トラップ岩区

に, 大洋と大陸での地質作用には根本的な差がない[18, 21]. 大陸特有の圧縮応力と引張り応力の繰り返しも, 大洋の構造に現れている[10, 11, 15, 26]. 大陸と大洋における中生代と新生代の構造運動の同期性は, すでに明らかになっている[7, 13, 18]. 大陸と大洋の火成岩系もそれぞれよく似ており, ただ量的に少し差があるだけである. 大洋底に比較的純粋なソレアイトが広く分布することは, その大部分の分布範囲内におけるマントル物質の分化が初期段階のものであることを物語っている. また, 中央海嶺部分に超塩基性火成活動が現れ, ス

ピライトと緑色岩が発達することは, 中央海嶺部分が初期の地向斜段階に入っていることを示している[1, 14]. 中央海嶺周縁の島嶼隆起部では, 島弧に典型的なカルク-アルカリ火成活動が現れている[2, 9]. これもやはり, 大洋と大陸における構造運動と火成活動がよく似た進化をたどったことを物語っており, 両者に通用する火山帯分類法の組み立ては可能である.

筆者が提起する分類での火山帯の進化系列はもっとも原始的なタイプ, すなわち, 主としてソレアイトとその分化生成体 (アルカリかんらん石玄武岩) からなる内大

洋隆起型 (inner-ocean upheaval type) から始まる。その貫入岩、これは主として岩脈とシルであるが、それは粗粒玄武岩と輝緑岩だけである。金属鉱物の大量の濃集体は、おそらくマンガン鉱を除くと、実際に賦存していない。火山は多くが楕状火山で、堆状隆起(ハワイ海嶺型)か、さもなければ狭長な、線状火山列を形づくる。ときには、噴火が面的な性質を備え、溶岩流が全体として海底火山台地をつくっていることもある。

この進化系列での次のタイプの火山帯は中央海嶺型で、一般にリフトによって複雑化されている。中央海嶺の範囲内、特にその周縁と島嶼にはカルク-アルカリ岩系の火山岩類、それにはんれい岩、閃緑岩、超塩基性岩の貫入岩が現れている。緑色変質現象、ソジウム交代現象、蛇紋石化現象が特徴的である。変質岩中には、ところによって Fe, Cu, Ni, Co の各硫化物が鉱染している。中央海嶺とそれに隣接する海底平野には、酸化マンガンの団塊と成層底質堆積層がある。これらのすべての特徴は、中央海嶺を初期発達段階の優地向斜に近いものと考えられる指標である。中央海嶺の地震活動度が高いところでは、その地震は主として浅発地震である。ほかの地球物理学的な資料も、マグマ通路の裂かの深さが 40-50 km を超えないことを示している。

次のタイプは、地向斜-造山複合構造体(前陸盆地と合わせて)を形づくる、沿大洋優地向斜凹地、内火山弧、縁火山帯である。

沿大洋優地向斜凹地には、オフィオライトが広く発達し(初期形態のものだけ、中央海嶺にもみられる)、斜長花崗岩岩系が現れ、強かったソジウム交代現象がカリ交代現象に変わる。中央海嶺の場合に比較すると、緑色岩化変質現象と親鉄性・親銅性の金属鉱化現象ははるかに発達し、金属鉱は主として、大量の酸性火山生成体と多数の火山底性貫入岩体が発達する。火山岩-深成岩隆起部に濃集している。一部の金属鉱はマグマ生成体そのものである。火成活動を規制する裂かは、深さ 600-700 km まで追跡でき、ペニオフ帯の性質を備えている。

このタイプの火山帯の特徴は、地震活動度が高く、構造地質的に応力断層構造をつくり、衝上断層を伴った線状褶曲と超塩基性岩の連鎖状分布を形づくることである。

内火山弧は地向斜中の背斜隆起に一致し、準大陸型の地殻、カルク-アルカリ岩系(主として安山岩岩系、安山岩-玄武岩岩系、安山岩-石英安山岩岩系)の発達、主として閃緑岩・花崗閃緑岩組成の貫入岩、主に親銅元素(Cu, Mo, Zn, Pb, Au-Ag, Sb, As, Hg)の鉱石からなる、特殊な“プロピライト型”鉱石系列を特徴とす

る。その鉱石は、周縁マグマ溜りに盛った安山岩質火山の基底部に胚胎される。残った海盆底では、流紋岩-石英安山岩質溢流岩体の溢流口付近に黒鉄フォーメーションの塊状硫化鉄-多金属鉱体が形成される。

このタイプの火山帯は、主として地壘状、ところによっては褶曲-地壘状の火山山脈である。その場合の特徴は、深部でプロピライト化作用に変わる、火山岩類の硫黄変質作用(sulfatarization)が広く発達することである。地震活動度は優地向斜凹地火山帯の場合よりも小さいが、それでもかなり著しい。

縁火山帯は、地向斜系と古期褶曲区ないし中央山塊との接合部の地向斜系後地部分にみられる。その地殻は大陸型であるが、いくらか“玄武岩層”が厚い場合も少ない。このタイプの火山帯は主として、アルカリに富んだ、コントラストの強い玄武岩-流紋岩共生、それに大量のイグニンプライト、花崗岩・花崗閃緑岩貫入体で構成されている。交代作用の際の主な作用元素は塩素と弗素である。“親石元素”(Sn, W, Pb など)が卓越し、斑岩銅鉱が分布し、浅成金・銀鉱も分布する。中心部に花崗岩類の岩株、下部に斑岩銅鉱体、上部に金-銀鉱体を有する環状構造が一つの特徴である。縁火山帯は、一般に、性質・規模ともさまざまな断層と火山性・構造性陥没凹地を多く伴った、地塊-隆起状山地である。

後地向斜火山帯は、大陸リフト(大陸地溝)であり、トラップ岩質火成活動帯(ないし活動域)である。

大陸リフトは造山運動後期段階に結びつけられるもので、この段階は幾人かの研究者たちが独立した段階(“造地溝運動*”段階)として区分しているものである。地向斜の発展に関わりのない、独立したタイプの構造として、大陸の場合も大洋の場合も同じようにリフトを分類することは、また大陸リフトを大洋に先だつ構造とみることは、間違っていると思われる。褶曲が圧縮応力を反映しているように、リフトの形成も一般に地向斜の発展をもたらす、地殻中に生じる張力の反映である。他方、圧縮によって生じる造山隆起は、その後には一般に破壊に変わる(張力条件下で)。したがってリフトは造山後期段階に大陸地殻中に生じるのである。先地向斜期(ないし地向斜初期段階)の大洋リフトと造山後期段階(ないし後地向斜期)の大陸リフトを混同することは、根拠がない。両者は、物質組成(生成体構成)の点でも鉱床の性質の点でも異なっている。例えば、カーボナタイトを伴ったアルカリ-超塩基性岩質火成活動は大陸リフトに特有な活動である。おそらく、大洋リフトと大陸リフトをつくる構造運動条件が違うのであろう。大洋リ

*“taphrogenesis”

フトに特有な性質はトランスフォーム衝上断層しかない。大陸リフトの断層転位はもっぱら正断層転位なのである。

トラップ岩質火山帯(域)は、隣接する地向斜中に生じた構造運動-火成活動への反応として、安定構造の縁部に形づくられる。ときには、卓状地の縁部の長く伸びた火山帯がトラップ岩に似た組成の台地玄武岩で構成されていることもある。例えば、隣接する変動域の側からの構造作用によって生じた東オーストラリア火山帯がそうである〔6〕。

卓状地における玄武岩質溶岩の大量溢流と隣接地向斜の最初の塩基性岩質火成活動との同期性は、モスカレーバ (V. M. MOSKALEVA) とシャタロフ (Ye. T. SHATALOV) [13], マカレンコ (G. F. MAKARENKO) [11], ウラソフ (G. M. VLASOV) とポプコーバ (M. I. POPKOVA) [7], アーマド (F. A. AHMAD) [26]らによって強調されている。大陸卓状地における火成活動を締めくくるトラップ岩と台地玄武岩は、同時に、隣接の変動区における新しい構造運動-火成活動輪廻の開始を告げる。大陸卓状地の玄武岩質火成活動と地向斜の火成活動との違いは主として大陸卓状地における断裂裂かが浅いことにあり、したがって、そこには溶岩の交代作用及び溶岩の緑色岩化作用をおこす、深部のアルカリ流動体などの易動流動体の豊富な流れがない。そのほか、卓状地の構造上の特徴(ほとんど水平に分布する岩層と比較的静かな構造運動環境)は、厚い塩基性岩シルの形成、長期にわたるマグマ分化作用、鉱床中での銅、ニッケル、コバルトその他の金属元素の硫化物の分離を助ける。

以上のすべての火山帯が必ず順序にしたがって発達していくとは限らない。いくつかの大洋中央リフト(ないしその一部)は、優地向斜に変わっていない。変わるには一定の条件、すなわち、断裂が著しく深いこと、熱エネルギーが大量であること、碎屑物が凹地に十分供給されることなどが必要である。“地縫性”優地向斜の発達は一一般に限られており、その優地向斜は内地背斜隆起(inner geoanticlinal upheaval)や縁火山帯のように、地向斜系に特有の構造要素を失なう場合が少なくない。深部過程のエネルギーがリフトの形成に十分でなく、線状深部構造の発達に足りなければ、大洋底には個々の海底火山ないしその“とび石”様の火山群が生じるだけである〔16〕。したがって、火山の生成時代によって火山構造の進化発展の度合を判断してはならない。例えば、ハワイ海嶺の比較的古い時代についての根拠のある見解はすでに述べた通りである。それでも、火成活動生成体の組成からすると、ハワイ海嶺はまだ先地向斜段階にとどま

っているのである。

地殻の大陸化過程における火山帯の進化を念頭において、火山帯分類法がすぐれていることは明らかであろう。

火山起源の構造のさまざまな進行の“環”は十分に特徴づけられ、その記載や表示から明らかなように、この分類は火山帯の基本タイプの系統的分類に必要な前述の条件を満たしているものと思う。提起した分類タイプのそれぞれは、特定の火成岩系と構造によって特徴づけられている。地向斜過程の発展と大陸地殻の成長に平行して、鉱床の生成過程も進化している。したがって、各タイプの火山帯はそれぞれ特定の鉱石フォーメーションと鉱床-火成岩系を伴っている。これらのことが、陸地と海域の構造区・鉱床生成区分及びその鉱床胎性の展望を容易にしてくれる。

本稿で提起した火山帯分類法の今後の発展は、何よりもまず、大洋の火山帯のタイプを更に詳細なものにし、特徴を正確なものにする方向、地向斜系の総体的な分類法(地向斜は火成岩と鉱体の組成の対応変化をもたらす)を編みだす方向、火山帯の性質とそのメタロジューの性質を変化させる局地的要因を解明する方向をたどるに違いない。

大洋の先褶曲期火山帯は、楕状火山を頭に頂いた堆状隆起型(ハワイ海嶺に類似する型)、小火山島群・海底火山群の線状連鎖型、火山台地型に細分できるだろう。中央海嶺火山帯は、山頂リフト随伴型と山頂リフトを欠く型からなる。優地向斜凹地火山帯は、リフト前史を有する型と“地縫”型も含むが、その発達は限られたものである。準大洋地殻(ないし準大陸地殻)上と大陸地殻上に形成された火山弧の場合、その火成岩も鉱体も、組成が著しく異なっている。時代を異にする2系の地向斜系の境にそって、あるいは地向斜系と中央山塊の境近くに発達した縁火山帯は、規模・外形とも異なっている。火山岩と貫入岩の量的関係からすると、地殻の主として引張り条件下で生成した東アジア型縁火山帯と主として圧縮条件下で生成した西アメリカ型縁火山帯は、大きく異なっている〔6〕。本文の分類では、火山帯のある基本タイプのものが脱落している可能性がなくもない。新たに把握される新タイプの火山帯があれば、それを入れる、火山起源の構造の進化系列中の場所はあるはずである。この提起した火山帯分類法を基礎にすれば、更にこまかな区分(火山脈 volcanic zone, 火山域, 火山区など)とこまかな系統的分類を組み立てることが可能と思われる。

文 献

1. AUMENTO, F., LANKAREVIK, B. D., ROSS, D. I. (1973) Geology of Central-Atlantic ridge (profile of Hudson, 45° n. latitude): Moskwa, "Mir" (in russian)
2. BEVZENKO, P. Ye. (1976) Magmatic evolution of island arcs of Eastern Asia: in book "Igneous rocks of Eastern Asia", Vladivostok, p. 5-18 (in russian)
3. BELYY, V. F. (1978) Formations and tectonics of Okhotsk-Chukotka volcanogenic belt: Moskwa, "Nauka" (in russian)
4. VETRENNIKOV, V. V. (1976) Characteristics of volcanism, tectonics and ore deposits in the continent-border volcanic belts: Moskwa, "Nedra" (in russian)
5. VLASOV, G. M. (1966) Volcanic zone types of the Pacific ocean: in book "Volcanic and volcano-plutonic formations", Moskwa, "Nauka" (in russian)
6. VLASOV, G. M. (1973) Mineragenic characteristics of volcanic zones of different types in the Pacific belt: in book "Distribution regularities of mineral resources", tom X, "Nauka" (in russian)
7. VLASOV, G. M., POPKOVA, M. I. (1978) Volcanites as the stratigraphic and tectonic landmarks: in book "Separation and correlation of sedimentary strata", Moskwa, "Nauka" p. 144-166 (in russian)
8. East-Chukotka volcanic zone and tectonic nature of volcanic belts; Yu. A. KOSYGIN, V. N. VOEVODIN, N. G. ZHITKOV, V. A. SOLOV'EV (1974) Doklady of USSR academy of Science, Tom 216, no. 4, p. 885-888 (in russian)
9. KASHINTSEV, G. L., RUDNIK, G. B., SOBOLEV, S. F. (1977) Magmatic association of eastern part of Indian Ocean: in book "First Conference of the Soviet oceanologists", issue III, Moskwa, p. 75-76 (in russian)
10. LAVROV, V. M. (1977) Structure and tectonic development of Central-Atlantic ridge: in book "First Conference of Soviet oceanologists", issue III, Moskwa, "Nauka", p. 25-26 (in russian)
11. MAKARENKO, G. F. (1974) Trapp fields of continents and basalt fields of oceans, correlation in the plan: Vestnik of Moskwa university. Geology, p. 3-30 (in russian)
12. VLASOV, G. M., BORISOV, O. G., PETRACHENKO, Ye. D., POPKOVA, M. I. (1978) Young geosynclines of Pacific Ocean, their volcano-genic and ore formations: Moskwa, "Nauka" (in russian)
13. MOSKALEVA, V. M., SHATALOV, Ye. T. (1974) Types of petrographic provinces in USSR (experiment of formation analysis): Moskwa, "Nedra" (in russian)
14. MURDMAA, I. O., PROKOPTSEV, N. G. (1968) On the finding of spilites in the rift zone of Arabia-India marine ridge: Doklady of USSR Academy of Science, Tom 181, No. 2, p. 458-461 (in russian)
15. PEIVE, A. V. (1975) Tectonics of Central-Atlantic ridge: Geotektonika, no. 5, p. 3-17 (in russian)
16. DEMENTSKAYA, R. M., GORODNITSKII, A. M. and et al. (1978) Submarine mountains (problems of geophysical study): Leningrad, "Nedra" (in russian)
17. PRONIN, A. A. (1977) Geological problems of recent and old oceans: Leningrad, "Nauka" (in russian)
18. PRONIN, A. A. (1978) Synchronism of tectonic movement phenomena of mesozoic and ceinozoic eras in the oceans and continents: Doklady of USSR Academy of Science, Tom 240, no. 6, p. 1418-1420 (in russian)
19. SHILO et al. (1973) Space-time regularities of volcanogenic belt formations in the East Asia and characteristics of their metallogeny: in book "evolution of volcanism in the history of the Earth" Moskwa, p. 228-230 (in russian)
20. SINYUKOV, V. I. (1974) Characteristics of the tectonics of Eastern Sikhote-Alin (Primor'e) volcanic belt: in book "Tec-

- tonics and magmatism of Soviet Far East”,
Khabarovsk, p. 35-37 (in russian)
21. SOLOV'EV (1975) Tectonics of continents:
Khabarovsk (in russian)
22. FREMD, G. M. (1970) Problems of the origin
and typization of volcanic belts: Vladi-
vostok, p. 21-38 (in russian)
23. FEDCHIN, F. G. et al. (1979) On the nature
of Eastern Sikhote-Alin volcanic belt:
Izvestiya of USSR Academy of Science,
geology series, no. 4, p. 122-125 (in
russian)
24. KHAIN, V. Ye. (1970): Problems of geology
and metallogeny of volcanic belts: Vladi-
vostok (in russian)
25. KHRENOV, P. M. et al. (1975) Metallogeny
of the volcano-plutonic belts of non-
geosynclinal type: in book “Distribution
regularities of mineral resources”, Tom
XI, Moskwa, “Nauka” p. 90-100 (in
russian)
26. AHMAD, F. A. (1972): Flood traps through
space and time and their bearing on some
problems of geotectonics: Bull. volcan.,
vol. 35, no. 3, p. 539-563 (in english)