

# Газрын гадаргуугийн хэлбэр бүрэлдэхэд гранитын биетүүдийн оролцоо

Н.Арвисбаатар, Ц.Баатарчулуун, Б.Бат, Б.Жавзандолгор\*, Б.Даариймаа, Т.Нарангарав

*Монгол Улсын Их Сургууль, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Геологи, геофизикийн тэнхим*

Гадаргуугийн эерэг хэлбэр үүсгэн, интрузивийн царцсаны дараа агуулагч чулуулгийг нэвтлэх гранитын цулдалын хөөрөлтийн динамикийг судлав. Гранитын талсжилтын дараа түүгээр тогтсон томоохон биетүүд Архимедийн хүчний үйлчлэлээр дээшлэх хөдөлгөөнөө үргэлжлүүлэх болно. Тухайн хөдөлгөөний хурд интрузивийн оройн хэсгийн өсөлтөөр экспоненциал хуулиар буурах авч удаан хугацаагаар тэрээр хатуу урсацын хэмжээгээр үнэлэгдэх денудацийн хурдаас илүү хэвээр үлдэнэ. Үүгээр гранитын цулдал дээрх гадаргуугийн эерэг бүтцийн хэлбэрийн оршил тайлбарлагдах болно.

PACS numbers 91.10.Kg, 91.10.Op, 91.32.De

## ОРШИЛ

Гранитын биетүүдэд гадаргуугийн эерэг хэлбэрүүд ихэнхдээ харгалзаж байдаг байна [1-8]. Ийм төсөөтэй зүй тогтол АНУ-ын Хадан уулс, Төв Ази, Казакстан, Урал, Дорнод Сибирь, Алс Дорнод зэрэг нутгуудад харагдана [9-11]. Гранит чулуулгаас тогтсон уулархаг нутгийн гарал үүслийг тайлбарласан үндсэндээ хоёр санаа бодол байдаг. Судлаачдын нэг хэсэг нь гранитаас тогтсон өндөрлөг газар селективийн денудацийн үзэгдэлтэй холбогдох буюу өөрийн бат бэхийн хүчээр хадгалагдан үлдсэн чулуулгаас тогтох өргөгдөл юм гэж үздэг ба тэдний бодлоор уулархаг нутгийн үүсэл ба хөгжилд интрузивийн экзо заагийн хуяг чухал үүрэг гүйцэтгэдэг бололтой [12,13]. Нөгөө хэсгийн үзэл бодлоор гадаргуугийн иймэрхүү хэлбэрийн үүсэлд гранитын биетүүдийн түрэлт ба царцалт хөрөлтийн дараа үргэлжлэх дээш хөөрөх түрэлт шахалт гол холбогдолтой байдаг аж [14,15]. Тухайн хөдөлгөөний учир шалтгааныг янз бүрээр таамагладаг. Заримдаа тангенциал хөдөлгөөний үйлчлэлээр ан цаваар хялбархан гулсах учир интрузив биетийн шаантаг хэлбэр их үүрэгтэй гэж үзэх нь бий [9,11]. Интрузивийн дээш хөөрөлт дэлхийн царцдасын дотор 8-14 км-т байрлах харьцангуй сийрэгжсэн бүсийн гүний бус оршлоор тайлбарлагдах талтай [16, 17]. Мөн чанартаа, энэ тохиолдолд гүн дэх гранитын массыг ихэсгэхэд хүргэж буй гранитжих явцын үргэлжлэлийг өгүүлж байгаа юм. Үүний улмаас өмнө нь царцсан гранитын түгжрэлийг түлхэх үр дагавартай. Зарим судлаачид гранитын биетийн

дээр илрэх гадаргуугийн эерэг хэлбэрийн (өргөгдөл) үүслийг изостатикийн хөөрөлтөөр тайлбарладаг [1].

## АРГАЧЛАЛ

Гранитын бөөгнөрлийн дээр гадаргуугийн өргөгдөл үүсэх шалтгааныг гранитын интрузивийн бүрдэлт ба дээшлэх динамиктай холбон авч үзэх боломжтой. Өөрөөр хэлбэл плутон биет тархсан бүс нутагт буй хэдийн царцсан интрузивийн биетийн изостатикийн хөөрөлт нь гадаргуугийн дүр төрхийг тодорхойлно. Бидний үзэж байгаагаар тухайн механизм нь дараах шалтгаанаар хамгийн магадлалтай юм. Нэгдүгээрт, гадаргуугийн хэлбэр үүсгэх хүчин зүйлийн хувьд селективийн денудац бага нөлөөтэй. Учир нь хэрэв зарим цул эрдсийн ультрабазалт (жишээлбэл пироксенит мэтийн) зэргийг хасвал бараг бүх талсжсан мөхлөгт интрузивийн чулуулгууд их гүнд нилээд хурднаар тэдгээрийг хүрээлэх эффүзив чулуулаг ба талсжсан занарыг бодвол денудацид өртдөг байна [10, 11]. Хоёрдугаарт “шахагдан түрэх” таамаглал нь заавал интрузивийн шаантаг хэлбэрийг шаардах бөгөөд гравиметрийн өгөгдлөөр судлагдсан бүс нутгийн гранитын биетүүдэд тийм зүйл ажиглагддаггүй, гуравдугаарт, өнөө цаг үед мезозойн идэвхжлийн бүс нутагт 8-14 км гүнд гранитжих үзэгдэл үргэлжилж буй гэж үзэх магадлал бага юм. Изостатик хөөрөлтийн таамаглалын гол дутагдал бол Архимедийн хүч хамгийн түгээмэл тохиолдох бага хэлбэрийн гранитын гадаргуугийн 500-800м уулсын өргөгдлийг бий

\* Electronic address: javzandolgor@num.edu.mn

болгох чадваргүй гэж үздэгт оршино. Тухайн өргөгдлийг газрын гадаргууд ил гарсан гранитын интрузийн бүхий л талбайд нийтлэг бус хамгийн өндөрлөг оройгоор үнэлсэн байдаг. Чухамдаа энд гадаргуугийн хэлбэр элэгдлээр их эвдэгддэг билээ. Хэрэв талсжилтын дараа гранитын цулдалын өргөгдлийг нэгдмэл биетийн хөдөлгөөн гэж үзвэл түүний орчны нутаг дэвсгэрээс гадаргуугийн өндөршлийг өргөгдсөн ба хотойсон хэсэгт харьцангуйгаар дундаж хэмжээгээр тооцоолох ёстой гэж үзэж байна. Тийм дундажийн тооцоог өндрийн жигд геометрийн сүлжээг ашиглан хийх тохиромжтой бөгөөд иймэрхүү хандлага нь хүрээлэх орчны чулуулгаас интрузийн биетийн өндөршил нилээд бага байх болно. Жишээ болгон Авдар уулын гранитын цулдалын илэрцийн талбайн дундаж өндрийг интрузийн өргөгдлийн бүсэд үл хамаарах эргэн тойрны дундаж өндөртэй жишсэн юм [16]. Авдар уулын (Төв аймаг, Сэргэлэн сумын нутаг) гранитын цулдалын илэрцийн талбай 80км<sup>2</sup> орчим бол түүнийг хүрээлэх сонгосон талбай мөн ойролцоо хэмжээтэй байв. Гадаргуугийн дундаж өндрийг гранитын илэрцийн хувьд 45 ба зэргэлдээх хүрээлэх талбайд 65 цэгт тооцоолов. Энэ гранитын цулдалын ойр орчмын гадаргуугаас өргөгдсөн дундаж өндөршил нь 270м бөгөөд хамгийн өндөр цэг нь 500 метрт хүрнэ. Одоо агуулагч чулуулгаас дээш тухайн цулдалын изостатикийн өргөгдлийн боломжит өндрийн хязгаарыг үнэлж болох ба

$$h = \frac{\Delta\rho}{\rho} H \quad (1)$$

гэсэн харьцаагаар тодорхойлогдоно. Дээрх илэрхийлэлд  $h$  - тодорхойлох өндөр,  $H$  - интруз чулуулгийн зузаан,  $\rho$  - агуулагч чулуулгийн нягт,  $\Delta\rho$  - интруз ба агуулагч чулуулгийн нягтын зөрүү. Авдар уулын гранитын цулдалын талбайд хийсэн гравиметрийн судалгаагаар  $H = 10^6$  см,  $\rho = 2.67$  г/см<sup>3</sup>,  $\Delta\rho = 0.1$  г/см<sup>3</sup> тул түүний орчны талбайгаас Архимедийн хүчний үйлчлэлээр өргөгдөх хамгийн боломжит өргөгдлийн хэмжээ дээрх томъёогоор  $h = 374$  м болж байна. Уул хэмжээг цулдалын дундаж өндөршилтэй харьцуулбаас хамгийн их байх боломжит хэмжээнээс давахгүй байна. Иймд судалгааны талбай дахь гранитын гадаргуугийн хэлбэрийн

ажиглагдах өндөршил изостазийн төсөөлөлд зөрчилдөхгүй байх бөгөөд Архимедийн хүчний үйлчлэлээр хатуулаг интрузийн биетийн хөөрөлт газрын гадаргуугийн хэлбэр төрхийг үүсгэгч гол хүчин зүйл болох нь илт байна. Үүнийг гравиметрийн өгөгдөл ба чулуулгийн физик шинж чанараар тогтоогдсон интрузийн хэмжээг тооцон гранитын хотгор, гүдгэрийн “өсөлтийн” өөрчлөлтийг тоон хувьд үнэлэхийг оролдож үзье. Үүний тулд интрузийн чулуулгийг зууралданги шингэн мэт агуулагч чулуулгийн доторхи хөөрч буй босоо хатуулаг цилиндр биетээр загварчилна. Солбилцолын тэгш өнцөгт тогтолцоонд газрын гадаргууг эх болгон  $Z$  тэнхлэгийг эгц доош чиглүүлнэ. Хөөрөх биет (босоо цилиндр) түүнд үйлчлэх бүх хүчний нийлбэр тэнцүү нөхцөлд статик тэнцвэрийн байдалд орших болно. Энэ хувилбарт биетийн жин  $P$  ба шингэний хэвийн статик нөлөөлөл ( $F_{\text{түлхэх}}$ ),

$$F_{\text{түл}} = -\rho_{\text{ш}} \cdot g \cdot S \cdot \xi \quad (2)$$

Үүнд  $\rho_{\text{ш}}$  - шингэний нягт,  $g$  - хүндийн хүчний хурдатгал,  $S$  - биетийн хөндлөн огтлолын талбай,  $\xi$  - живсэн хэсгийн гүн.

Цилиндрийн статик тэнцвэрийн нөхцөл доорхи байдлаар бичигдэнэ:

$$P - \rho_{\text{ш}} \cdot g \cdot S \cdot \xi = 0 \quad (3)$$

Зөвхөн газрын гадаргууд төвөн өргөгдөл үүсгэхгүйгээр гранитын цулдал хөөрөн царцсан хугацааны эгшин дэх тохиолдлыг авч үзье. Хугацааны энэ агшинд биет босоо тэнхлэгээр  $Z$  хэмжээнд статик тэнцвэрт байрлалд хүрч очоогүй байх ба тэрээр дээшээ чиглэсэн  $V_D = -\dot{Z}$  хурдтай байна. Өгөгдсөн тохиолдолд биетийн хөдөлгөөнийг доорхи хэлбэрийн дифференциал тэгшитгэлээр бичиж болно:

$$M\ddot{Z} = \rho_{\text{ш}} \cdot g \cdot S \cdot (\xi + Z) - \alpha\dot{Z} \quad (4)$$

Үүнд  $\alpha\dot{Z} = 6\pi\eta R\dot{Z}$  зууралданги үрэлтийн хүч, харин  $\rho_{\text{ш}} \cdot g \cdot S \cdot (\xi + Z) = \rho_{\text{ш}} \cdot g \cdot V$  бол шингэний хэвийн статик үйлчлэл,  $M$  - биетийн масс,  $R$  - түүний радиус,  $\eta$  - шингэний зууралданги шинж. (2)-ыг тооцон дээрх тэгшитгэлийг  $\ddot{Z} + 2n\dot{Z} + K^2Z = 0$  (5) хэлбэрт

оруулах нь тохиромжтой байна. Үүнд  $n = \frac{\alpha}{2M}$ ;

$$K = \sqrt{\frac{\rho_{ш} \cdot g \cdot S}{M}}$$
 байна.

Тухайн тэгшитгэлийн шийдэл нь түүнд харгалзах төсөөтэй тэгшитгэлийн язгуурууд байх  $\lambda^2 + 2n\lambda + K^2 = 0$  бөгөөд

$$\lambda_{1,2} = -n \pm \sqrt{n^2 - K^2} \quad (5)$$

хоёрдугаар эрэмбийн шугаман дифференциал тэгшитгэлийн характеристик тэгшитгэлийн язгуур нь (5) болно.

Энэхүү тохиолдолд үрэлт маш их байх тул  $n > K$  ба  $\lambda_1, \lambda_2$  язгуурууд бодит агаад сөрөг утгатай, харин биетийн хөдөлгөөний тэгшитгэл доорхи байдлаар бичигдэнэ:

$$Z = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} \quad (6)$$

$t = 0$  үед  $Z = Z_0$  ба  $\dot{Z} = \dot{Z}_0$  гэвэл тухайн тэгшитгэлээс биетийн хөдөлгөөний тэгшитгэлийг

$$Z = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} [(\lambda_1 Z_0 - \dot{Z}_0) e^{\lambda_2 t} - (\lambda_2 Z_0 - \dot{Z}_0) e^{\lambda_1 t}] \quad (7)$$

хэлбэрт гарган авна. Энэ тэгшитгэлийн язгуурыг авч үзье.  $\lambda_2$  их сөрөг хэмжигдэхүүн бөгөөд экспонентийн зэрэг багтдаг “С” -рүү тэмүүлнэ. Эсрэгээр  $\lambda_1$  - хэмжигдэхүүн маш өчүүхэн болно. Иймд түүнийг тооцоолохын тулд (5) дахь язгуурын доорхи илэрхийллийг доорхи хэлбэрт буюу Ньютоны биномаль цуваанд задлах нь чухал.

$$n \cdot \left[ 1 - \frac{K^2}{n^2} \right]^{\frac{1}{2}} = n - \frac{1}{2} \cdot \frac{n \cdot K^2}{n^2} = n - \frac{K^2}{2n}; \quad (8)$$

Ингэхдээ  $n > K$  нөхцлөөр тэдгээрийн дараагийн гишүүд харьцангуй бага утгатайн улмаас эхний хоёр гишүүнээр хязгаарлана. Эндээс

$$\lambda_2 = -\frac{1}{2} \frac{K^2}{n} \quad (9)$$

гэж олдоно. (7) тэгшитгэлийн язгуурын хувьд дээр өгүүлснийг тооцон  $\dot{Z}_0$  -ын бага хэмжээг анхааран

$$Z \approx Z_0 e^{\lambda_2 t} \quad (10)$$

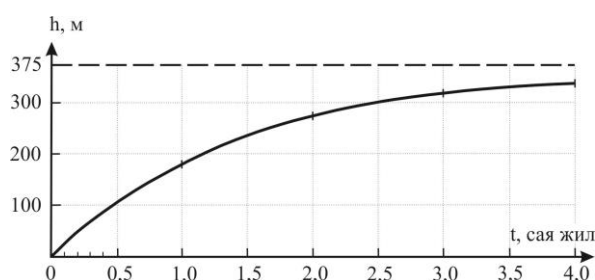
гэж биетийн хөдөлгөөний тэгшитгэлийг бичнэ.

Энэ бол хүрээлэх орчноосоо өргөгдсөн интрузивийн өсөлтийн улмаас саарах Архимедийн хүчний үйлчлэлээр явагдах хөдөлгөөний тэгшитгэл юм.

### ҮР ДҮН

Дээрх тэгшитгэлийг ашиглан Авдар уулын гранитын ижил зузаан бүхий биетийн өргөгдлийн онолын өндрийг 0-ээс 4 сая жилийн хугацааны явцад тооцоолов. Хэрэв гранитын гадаргуу бүрэлдэх нутагт агуулагч хурдсын зууралданги шинж  $10^{22}$  П (СГС) байвал  $3 \cdot 10^6$  жилийн хугацаанд интруз Архимедийн хүчний үйлчлэлээр боломжит изостазын 90 хувьд хүрэх өндөрт өргөгдөх чадвартай байна (Зураг 1).

Өгөгдсөн тохиолдолд, хөдөлгөөн явагдаж байгаа хагарлын бүсээр интруз түрэгдэх ба хожуу мезозойн эринд эндоген явц дууссаны дараа дулааны урсгал багасан царцдасын идэвхтэй зууралданги шинж хэвийн хэмжээнд хүртэл өсөх зэрэгтэй уялдан царцдасын нөлөөлөх зууралданги шинжийн дундаж утгыг хэрэглэсэн болно. Дурдсан тооцоонд интрузийн хөдөлгөөний явцад зууралданги үрэлтийн хүч тогтмол байх хязгаарын нөхцлийг авч үзсэн. Гэвч газрын гадаргуу дээр гранитын биет дээшилсний дүнд уг хүч багасах учиртай ба энэ нь интрузийн хөдөлгөөний хурд ихэсгэхэд хүргэнэ.



Зураг 1. Авдар уулын гранитын цулдалын зузаантай ижил интрузийн гадаргуугийн дээрх хэсгийн өсөлтийн хурдны график.

Интрузийн өргөгдсөн хэсэгт түүний өндрийг бууруулах элэгдэл үйлчлэх ёстой. Зарчмын хувьд гадаргуугийн элэгдлийн хурд түүний эерэг хэлбэрийн хөгжилд мэдэгдэхүйц нөлөөлөх учиртай.

Денудацийн хурдыг хатуу биетийн урсацын хэмжээгээр үнэлдэг бөгөөд Төв Монголын хувьд 0.01-0.02мм/жил байдаг. Денудацийн хурдын энэ утгыг тооцоонд авсан болно.

Интрүз удаанаар дээшлэх тул тодорхой хугацааны дараа түүний хөдөлгөөний хурд денудацийн хурдтай тэнцэх болно. Иймд уг хугацааг үнэлэх нь сонирхолтой юм. (6) тэгшитгэлийг дифференциалчилж цулдалын өргөгдлийн хурдыг олно.

$$\dot{Z} = -Z_0 \lambda_2 e^{\lambda_2 t} \quad (11)$$

Денудацийн хурд  $V_D$  -ыг тогтмол гэж үзвэл тодорхойлох хэмжигдэхүүнийг доорхи тэнцэтгэлээс олж болно.

$$V_D = -Z_0 \lambda_2 e^{\lambda_2 t} \quad (12)$$

эндээс

$$t = \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{V_D}{Z_0 \lambda_2} \quad (13)$$

болно.

Хөөрөлтийн хурд  $2 \cdot 10^7$  жилийн дараа денудацийн хурдтай тэнцүү болдог байна. Энэ тооцоонд агуулагч чулуулгийн дээр гранитын цулдалын цухуйгдлын бууралтаар тайлбарлагдах денудацийн дүнд интрүзийн массын нийт багасалтыг тооцоогүй. Денудацийн процессийн улмаас цулдалын статик тэнцвэр алдагдан түүний нэмэлт өргөгдөл явагдсаны улмаас инрүзивийн хөөрөх хэсэг хорогдох болно. Үүний дүнд хязгаарын хэмжээнд хүрсний дараа гранитын биетийн өргөгдөл (өндөршил) буурна. Гэвч энэ явц маш удаан явагдах бөгөөд учир нь интрүзивийн нийт зузаан ба (1)-өөр үнэлсэн түүний цухуйгдлын өндрийн хоорондох харьцаа ойролцоогоор 30 байна. Өөрөөр хэлбэл изостатикийн хөөрөлтийг тооцон интрүзивийн дээрх гадаргуугийн өндрийн намсалтын хурд  $0.001 \text{ мм/жил}$  буюу  $1 \text{ м/сая}$  жил байх болно. Биетийн оршлын бүхий л хугацаанд (130-150 сая жил) түүний нийт өндөршил 130-150м буурсан гэсэн үг бөгөөд харин босоо зузаан нь 4-4.5 км байх юм. Дээр өгүүлсэн нь гадаргуугийн эерэг хэлбэр үүсгэн мезозойн эриний эцэст хэдий нь денудацийн явцад өртсөн гранитын биетүүдэд хамааралтай.

Заагийн хувирмал чулуулгаас тогтсон бүрхээс (купол) Авдар уулын гранитын биетүүдийн денудациар ил гарсан зэргээс гажсан массын хомсдолын эхлэл нь хугацааны илүү хожуу үед болсон байх магадлалтай. Хэрэв төвөн бүрхээс магмын талсжилтын эцэст байсан

бол түүнд харгалзах гадаргуугийн эерэг хэлбэр нь гранитын биетийн хөөрөлт ба денудацийн улмаас илүү урт удаан хугацаанд хадгалагдах болно гэдгийг төсөөлөхөд хэцүү биш юм. Төвөн бүрхээсийн өндөр маш удаанаар шугаман денудацийн хурдаас 30 дахин бага хурдаар багасах болно.

Энд дурдагдсан бүх тооцоо изостатик харьцаагаар (1) тодорхойлогдох хамгийн их өндөр хүртэл ямар нэгэн саад үгүйгээр гранитын биет хөөрөх онолын тохиолдолд хамаарч байна. Бодит байдалд чулуулгийн эцсийн бат бэх чанараас улбаалан хэзээ ч энэхүү туйлын өндөрт хүрч чадахгүй юм. Үнэхээр Авдар уулын гранитын цулдалын дундаж өндөршил, дээр дурдсанаар онолын хамгийн их утгаас 104 метрээр бага болно. Хэрэв энэ ялгааг царцдасын урт хугацааны эцсийн бат бөхийн байдлаар тайлбарлагдана гэж үзвэл:

$$\sigma = \Delta h \cdot \rho' \cdot g \quad (14)$$

гэсэн томъёогоор царцдасын удаан хугацааны бат бөхийн чанарын хэмжээг үнэлж болно. Үүнд  $\Delta h$  -гранитын цулдалын дундаж ба онолын хувьд тооцоолсон өндөршлийн зөрүү (104м).  $\rho'$  -гранитын нягт ( $2.57 \text{ г/см}^3$ ),  $g$  - хүндийн хүчний хурдатгал ( $1000 \text{ см/с}^2$ ). Иймд тухайн цулдалын бүс нутагт дэлхийн царцдасын бат бөхийн чанар  $27 \text{ кг/см}^2$  болно.

Хэдий энэ хэмжээсийг царцдасын тодорхой хэсэгт тодорхойлсон боловч [18,20] нарын изостатикийн гажлын утгуудаар томоохон бүс нутагт тооцоолсон литосферийн урт хугацааны бат бөхийн хэмжээтэй эрэмбээрээ давхцаж байна.

## ДҮГНЭЛТ

Хүрээлэх газар нутгаас дээшлэх гранитын цулдлын хамгийн томоохонд ч, цулдлын ул хэсгийн төвшинд гүйцэтгэж избарын хэрэгжилтийг шаардагдах дундаж өндөршил ихэд бага байна. Үүнээс царцсан интрүзийн чөлөөт хөөрөлтийг зогсоох дэлхийн царцдасын дээд хэсгийн бат бөхийн дээд хязгаар байдаг гэж дүгнэж болно. Энэ хязгаарын хэмжээ  $27-35 \text{ кг/см}^2$ -аар үнэлэгдэх ба эрэмбээрээ томоохон бүс нутагт изостатикийн гажлаар тооцоолсон литосферийн урт хугацааны бат бөхийн чанартай жишигдэх юм.

Геологийн өгөгдөл ба чулуулгийн физик шинж чанарын тодорхойлолтыг гравитацийн орны шинжилгээтэй нэгтгэн дэлхийн царцдасын дээд хэсгийн тоймлон гурван хэмжээст загварыг бүрдүүлэх боломжтой байна. Улмаар гранитын биетүүдийн газрын гадаргуу дээрх проекцийн талбайд буюу денудацаар ил гараагүй хэсэгт гянт болд, цагаан тугалга ба бусад ховор элементийн эрлийн том масштабын ажил, цахилгаан хайгуулын үр ашигтай аргуудтай хавсран хийхийг зөвлөмж болгож байна.

### АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] Худяков Г.И. О происхождении горных хребтов в южной части Дальнего Востока - В кн: Вопросы геоморфологии и морфотектоники южной части Дальнего Востока. Владивосток, 1965. с. 144-150.
- [2] Худяков Г.И. О происхождении горных хребтов в южной части Дальнего Востока - В кн: Вопросы геоморфологии и морфотектоники южной части Дальнего Востока. Владивосток, 1965. с. 144-150.
- [3] Лишневский Э.Н. Об активной роли гранитных интрузии в процессе горобразования - Геотектоника, 1965. №3. с.77-83.
- [4] Лишневский Э.Н., Шевченко В.К., Бронгулеев В.В. Геологические признаки и проблемы постмагматического поднятия гранитов – “Геотектоника”, 1976. №5. с. 93-101.
- [5] Соловьев В.В. Морфоструктуры центрального типа в горных странах и их классификация -В кн: Структурная геоморфология горных стран. М. Наука. 1975 -с. 42-46.
- [6] Овандер М.Г. Анализ локальных морфоструктур Верхоянских гор - В кн. Структурная геоморфология горных стран М.Наука 1975. - с.212-218.
- [7] Bankwitz P. Magmentektoloche Aspekte der Intrusion des Erzgebirgeplutons – “Geolog. und Geophys. Verofft. Union” 1966. 47. № 1. p 192.
- [8] Лапердин В.К, Тржцинский Ю.Б. Экзогенные геологические процессы и сели Восточного Саяна. Новосибирск. Наука. 1977. 10.
- [9] Том В.Т. Поднятие клиньев и их тектоническое значение - В кн. Земная кора М.ИЛ 1957. с.370-386.
- [10] Ананьев Г.С, Каревская И.А. Роль выветривания и селективной денудации в формировании гранитных массивов. Зап. Байкальск. фил. Геогр. об-ва СССР, Чита. 1970 вып. 13 с. 15-22
- [11] Сварическая З.А. Горы их образования и классификация - В кн. Структурная геоморфология горных стран. М. Недра. 1975. -с. 20-25.
- [12] Минина Е.А, Борисов Б.А. Кольцевые и купольные морфоструктуры . В кн: Структурная геоморфология горных стран. М. Наука. 1965. с. 47-51.
- [13] Милановский Е.Е. Новейший вулканизм и типы вулканических ландшафтов Кавказа - В кн. Рельеф горных стран. М.Мысль 1968 - с. 67-81.
- [14] Marchand D.E. Rates and modes of denudation, White Mountains, Eastern California – Amer.J.Mineral 1995. Vol. 7. P 861-881.
- [15] Pitcher W.S. On the rate of emplacement of batholiths – “J. Geol.Soc.Lond” 1975 №6. Pp. 587-591.
- [16] Бороздин Б.Г, Семакин В.П, Об избирательном поднятии гранитных массивов Казакстана и Алтая - В кн. Земная кора складчатых областей юга Сибири, Новосибирск, Наука. 1969 - с. 251-261.
- [17] Летников Ф.А, Балышев С.О, Лашкевич В.В. Взаимосвязь процессов гранитизации, метаморфизма и тектоники. - Геотектоника, 2000 №1 -с. 3-22.
- [18] Артюшков Е.В, Об установлении изостатического равновесия земной коры – “Изв. АН СССР, сер. Физика Земли” 1967. №1-с. 3-16.
- [19] Ушаков С.А, Красс М.С. Сила тяжести и вопросы механики недр Земли. М. Недра. 1972. 155с.