
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

RENDICONTI

ANTONIO MARUSSI

Le anomalie della gravità lungo la catena del Karakorum-Hindu Kush

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 35 (1963), n.5, p. 198–210.*

Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1963_8_35_5_198_0>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)*

SIMAI & UMI

<http://www.bdim.eu/>

Geofisica. — *Le anomalie della gravità lungo la catena del Karakorum-Hindu Kush.* Nota (*) del Corrisp. ANTONIO MARUSSI.

1. In un volume che sta per uscire in questi giorni, ho dato ampia relazione sulle misure di gravità da me eseguite lungo gli itinerari percorsi nel Karakorum e nell'Hindu Kush pakistano in occasione delle due spedizioni guidate nel 1954 e nel 1955 dal prof. Ardito Desio. Sono ivi fra l'altro illustrate 270 stazioni gravimetriche osservate con gravimetri Worden, e per le quali le quote furono determinate con procedimenti barometrici; e sono fornite per 70 di esse le riduzioni all'aria libera, di Bouguer e di Bouguer modificata, e di Airy per spessori normali di 20, 30 e 40 km; a queste si aggiungono 6 stazioni della Spedizione italiana De Filippi e 40 stazioni della Spedizione cino-svedese Sven Hedin.

Le osservazioni in discorso vanno a completare, inserendosi fra i rilievi gravimetrici ufficiali dell'India, del Pakistan, e delle Repubbliche sovietiche dell'Asia Centrale, integrate con le osservazioni dei nostri Abetti ed Alessio della Spedizione De Filippi, e del dott. Ambolt della Spedizione Sven Hedin, il quadro generale dei lineamenti gravimetrici del grande nucleo montuoso del Pamir, e delle catene del Tien Shan, del Kun Lun-Karakorum-Himalaya, e dell'Hindu Kush, là dove queste da esso si diramano.

Il rilievo gravimetrico in parola è limitato ad oriente dalla linea d'armistizio fra Pakistan ed India, che non ci era permesso di superare; e ad occidente ed a nord del confine fra Pakistan ed Afghanistan, e fra Pakistan e Cina.

Come è illustrato nello stesso volume, ed in una precedente Nota scritta dal prof. Desio e da me, il rilievo gravimetrico effettuato ha messo in chiara evidenza una distribuzione assiale di anomalie isostatiche negative che si sviluppa lungo la parte più elevata della catena del Karakorum, distribuzione che è bordata simmetricamente da due fasce di anomalie positive. La zona di anomalie negative si associa agli affioramenti granitici che accompagnano l'asse della catena, e ne tradisce una potenza assai più rilevante di quanto l'ispezione geologica riveli; fatto questo che potrebbe confermare la natura sinorogenetica del batolite granitico, e la parte attiva da esso avuta nello sviluppo del complesso Karakorum-Himalaya.

Era perciò ben naturale il desiderio di estendere le anzidette ricerche alle regioni completamente inesplorate dal punto di vista gravimetrico dell'Hindu Kush afgano, onde individuare la continuazione dei lineamenti messi così in evidenza; ciò che fu appunto l'obbiettivo della nuova spedizione diretta dal prof. Desio nell'estate del 1961, alla quale ancora io partecipai in qualità di geofisico.

(*) Presentata nella seduta del 9 novembre 1963.

2. Come s'è detto, l'Afghanistan era completamente sprovvisto di qualsiasi determinazione gravimetrica; onde il primo compito che mi sono dovuto proporre, è stato quello di eseguire un collegamento fra una stazione di gravità nota ed un punto scelto nei pressi di Kabul, da adottare quale stazione gravimetrica di partenza per tutte le conseguenti determinazioni nel corso della spedizione.

La stazione di gravità nota prescelta è stata quella situata all'aeroporto Mehrabad di Teheran, denominata « Iranian National Gravity Station », alla quale è attribuito il valore di $g = 979.447,400$ mgal; tale valore deriva da numerosi collegamenti con le stazioni fondamentali europee ed americane effettuati in passato da vari osservatori. La scelta di Teheran era dovuta non soltanto alla bontà del valore della gravità che le si associa, ma pure al fatto che la linea aerea regolare fra Teheran e Kabul è servita da rapidi servizi di linea. In effetti, il collegamento gravimetrico fra le stazioni di Teheran e di Kabul è stato assicurato con volo in andata ed in ritorno, con sosta intermedia a Zahedan ed a Kandahar, dove si è pure potuta determinare la gravità relativa.

La taratura del gravimetro Worden N° 203 impiegato è stata effettuata con l'apprezzato aiuto dell'Osservatorio Geofisico di Trieste, sulla base italiana dell'Etna, utilizzando l'intervallo di gravità fra 979,680 e 980,046 gal; laddove l'intervallo di gravità coperto durante la spedizione va da un minimo di 978,614 gal ad un massimo di 979,592 gal. È stato ancora possibile controllare la scala del gravimetro sulla base iraniana Teheran-Shiraz, cui corrispondono i valori della gravità da 978,846.640 a 979,447.400 gal.

I valori della detta base iraniana si sono trovati in eccellente accordo con quelli dedotti dalla base italiana, ciò che vale a confermare la correttezza delle operazioni eseguite durante tutta la campagna.

3. La stazione fondamentale in Afghanistan fu stabilita a Kabul, e precisamente sulla veranda situata sul lato orientale dell'edificio in cui ha sede il Servizio Geologico, nel sobborgo di Dar Ulaman; il valore determinato è stato di $g = 979.123,820$ mgal.

Il rilievo susseguente è stato effettuato lungo due circuiti chiusi, e lungo alcune appendici aventi uno sviluppo complessivo di circa 1750 km. Il primo circuito chiuso è quello seguito nella prima fase della campagna; partendo da Kabul esso attraversa la catena dell'Hindu Kush da sud a nord, lungo la via carrozzabile che dalla capitale conduce a Doab, Pul-i-Khumri, Kunduz, e Faizabad. Da Faizabad esso prosegue lungo le mulattiere e gli aspri sentieri seguiti in carovana che attraversano nuovamente la catena dell'Hindu Kush, passando per Mazar Shah Khusrau, Shaharon, il passo Weran, e Wama, per terminare all'Alakadari di Kandi da dove una carrozzabile riconduce a Kabul passando per Chiga Serai, Jalalabad, e Sarobi.

Il secondo circuito parte ancora da Kabul, e passando per Bamian, Band-i-Amir e Panjao, si richiude a Kabul, sempre seguendo la strada carrozzabile.

Le appendici si staccano l'una da Doab spingendosi a Hajar; l'altra, staccandosi da Faizabad, si spinge fino a Zar Khan (Zebak); un'altra ancora, parte da Kabul e giunge fino all'Alakadari di Zinia nel Panjshir; l'ultima infine va da Kabul a Ghazni.

Furono in tutto osservate 63 stazioni ben distribuite lungo gli itinerari descritti, che coprono dunque con una rete abbastanza fitta la sezione nord-orientale dell'Hindu Kush afghano (fig. 1).

4. Per quanto si riferisce all'altimetria, dirò che l'Afghanistan è interessato da una linea di livellazione geometrica che l'attraversa da sud a nord e che si ricollega alla rete di livellazione del Pakistan, da un lato, ed a quella delle Repubbliche Sovietiche dall'altro. Lungo tale linea, erano dunque disponibili quote di buona attendibilità.

Di più, nella parte settentrionale del Paese, esiste una poligonale misurata con telemetri elettronici dalla Società cecoslovacca Technoexport, poligonale che segue la carrozzabile da Baghlan a Faizabad ed a Zar Khan. Anche lungo questa linea erano dunque disponibili quote di sicuro affidamento.

Ben diversa è la situazione per tutti i rimanenti itinerari, dove l'unica possibilità di determinare le quote era offerta dal ricorso a misure barometriche relative. Erano a tal fine disponibili gli osservatori meteorologici di Kabul, Karez-i-Mir, Baghlan, Kunduz, Jalalabad e Ghazni, dotati di buoni strumenti. La spedizione disponeva di altimetri geodetici Thommen, di termobarometri, e degli altri strumenti accessori occorrenti. Tali strumenti vennero tutti comparati fra di loro, e con gli strumenti nelle stazioni fisse.

I dislivelli vennero determinati mediante l'uso della formula di Laplace, che confronta la pressione nella stazione da determinare con quella simultaneamente letta nelle varie stazioni fisse, tenendo ben inteso conto della temperatura, dell'umidità dell'aria, dello sfasamento fra temperatura dell'aria ed al suolo, e di un fattore sistematico di temperatura che fu chiaramente messo in evidenza.

Le quote barometriche ottenute hanno dopo ciò un'attendibilità che può valutarsi intorno ai 20 metri circa.

5. I valori della gravità sono stati ridotti secondo i procedimenti oramai classici, nelle ipotesi di Bouguer, e di Airy per spessori normali di 20, 30 e 40 km della crosta.

Le correzioni topografiche sono state dedotte dalla carta fotogrammetrica al 50.000 rilevata dalla Società Technoexport e gentilmente messa a disposizione della Spedizione dal Servizio Geologico afghano, per la zona a nord dell'Hindu Kush fra Baghlan e Jarm; per il rimanente, le correzioni sono state ottenute dalla « Quarter Inch Map » del Survey of India (scala 1 : 253.440), e dalla Carta internazionale del Mondo al milionesimo.

Le riduzioni sono state eseguite servendosi delle tavole preparate dall'Istituto Isostatico dell'Associazione Internazionale di Geodesia, a loro volta

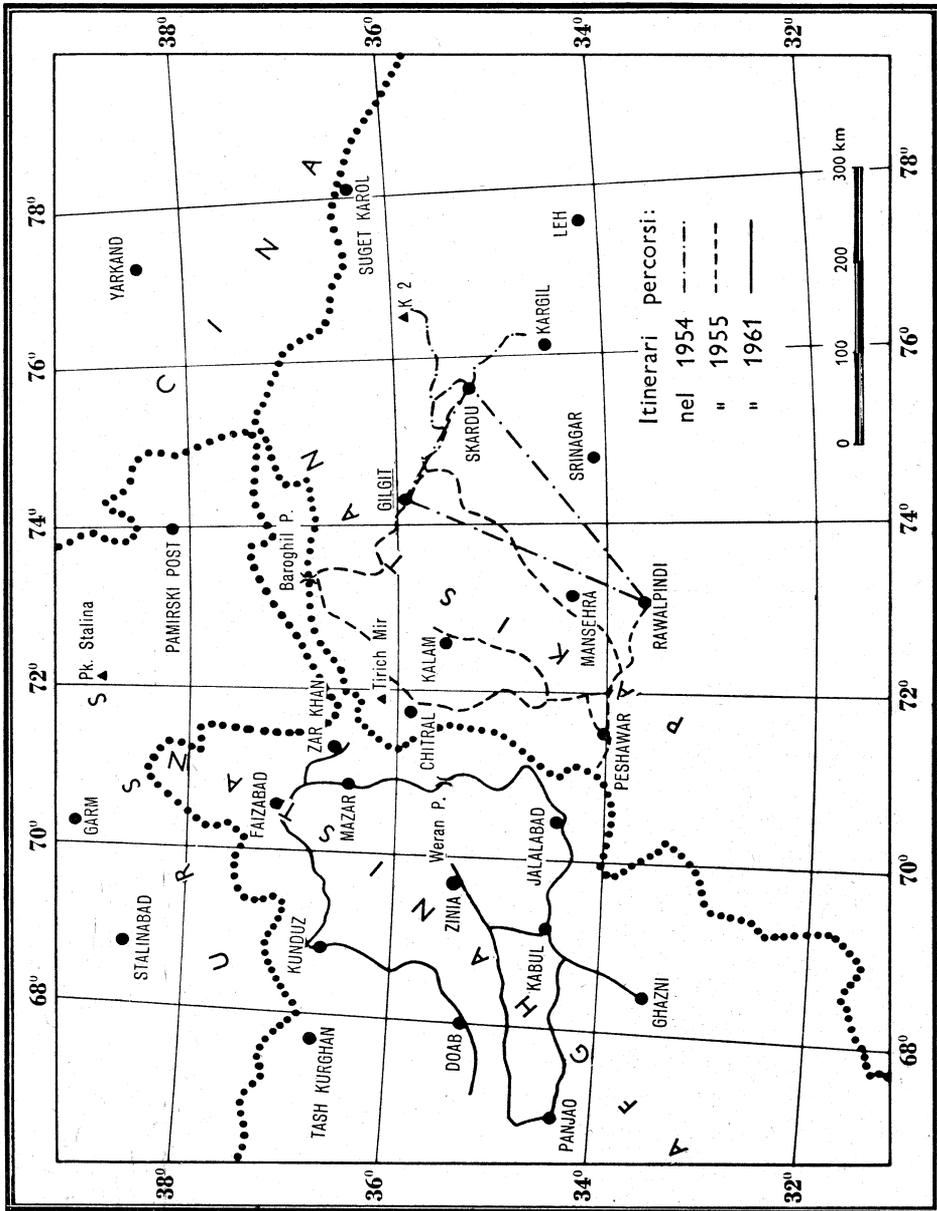


Fig. 1. — Itinerari gravimetrici e geomagnetici percorsi dalla Spedizione.

costruite sulla base delle tavole italiane di Cassinis, Dore e Ballarin, prendendo una densità media di 2,67 per la crosta ed una differenza di densità 0,6 fra il materiale della crosta e quello ultrabasicco sottostante.

6. I dati osservati e le loro riduzioni saranno raccolti e criticati in seguito in un fascicolo della collana dedicata alle varie campagne della Spedizione Italiana al Karakorum ed all'Hindu Kush; mi limito per ora a comunicare i primi risultati sintetici raggiunti, che sono riassunti nelle cartine delle isoanomalie secondo Bouguer e secondo Airy (per uno spessore normale di 30 km della crosta) qui riprodotte. Queste cartine inquadrano i risultati raggiunti nelle nostre campagne del 1954, 1955 e 1961, in quelli dei rilievi russi, a nord, ed indiani a sud; in esse è tenuto conto anche dei risultati delle Spedizioni De Filippi e Sven Hedin, da noi elaborati.

Le anomalie di Bouguer, che nelle piattaforme circostanti il grande nucleo orogenetico del Pamir-Himalaya-Hindu Kush-Tien Shan si mantengono su valori fra i -50 ed i -100 mgal, assumono valori negativi marcatissimi, fino ad oltre -500 mgal, in corrispondenza della zona assiale del Karakorum; le linee isoanomale si accompagnano qui assai bene con le isoipse delle quote medie. Ma questa concordanza viene meno procedendo in direzione NW, verso il Pamir, dove le anomalie negative sono spostate a sud delle maggiori elevazioni del Transalai. Ciò è particolarmente evidente per la forte anomalia negativa, sulla quale dovremo ritornare in seguito, che si trova in corrispondenza delle catene di Yaghulem e di Roshan. L'accennata concordanza fra isoipse ed isoanomale si ristabilisce invece lungo le catene dell'Hindu Kush e del Tien Shan (fig. 2).

Il quadro delle isoanomale secondo Bouguer sembra dunque rivelare una sostanziale differenza fra la natura tettonica del complesso acrocoro del Pamir, e quella delle catene montuose che da esso divergono; differenza questa ulteriormente confermata, come vedremo, dall'esame della sismicità, che si accentua nella zona di saldatura fra il Pamir e l'Hindu Kush afghano e che si attenua grandemente in corrispondenza delle ricordate catene.

Le anomalie isostatiche secondo Airy (per uno spessore normale $T = 30$ km della crosta) confermano poi ulteriormente queste impressioni, e permettono anzi di meglio precisarle.

Da un esame della carta delle isoanomale isostatiche, l'orogene del Karakorum-Himalaya-Kun Lun, caratterizzato come detto in principio da lineamenti gravimetrici simmetrici intorno all'asse centrale del Karakorum, appare bruscamente troncato verso NW da un disturbo tettonico caratterizzato da fortissime anomalie isostatiche negative. Tale disturbo si localizza nel Pamir, raggiungendo la sua massima intensità in corrispondenza delle catene Yaghulem, Roshan e del Wachan, ed è delimitato verso NW dalla fossa di Surkh che collega la grande depressione del Tadjikistan con quella di Yarkand (le cui profondità sono valutate dai geologi sovietici ad un massimo di 9000 m per il bacino del Tadjikistan, di 7000 m per quello di Yarkand, e di 5000 m per la fossa di Surkh).

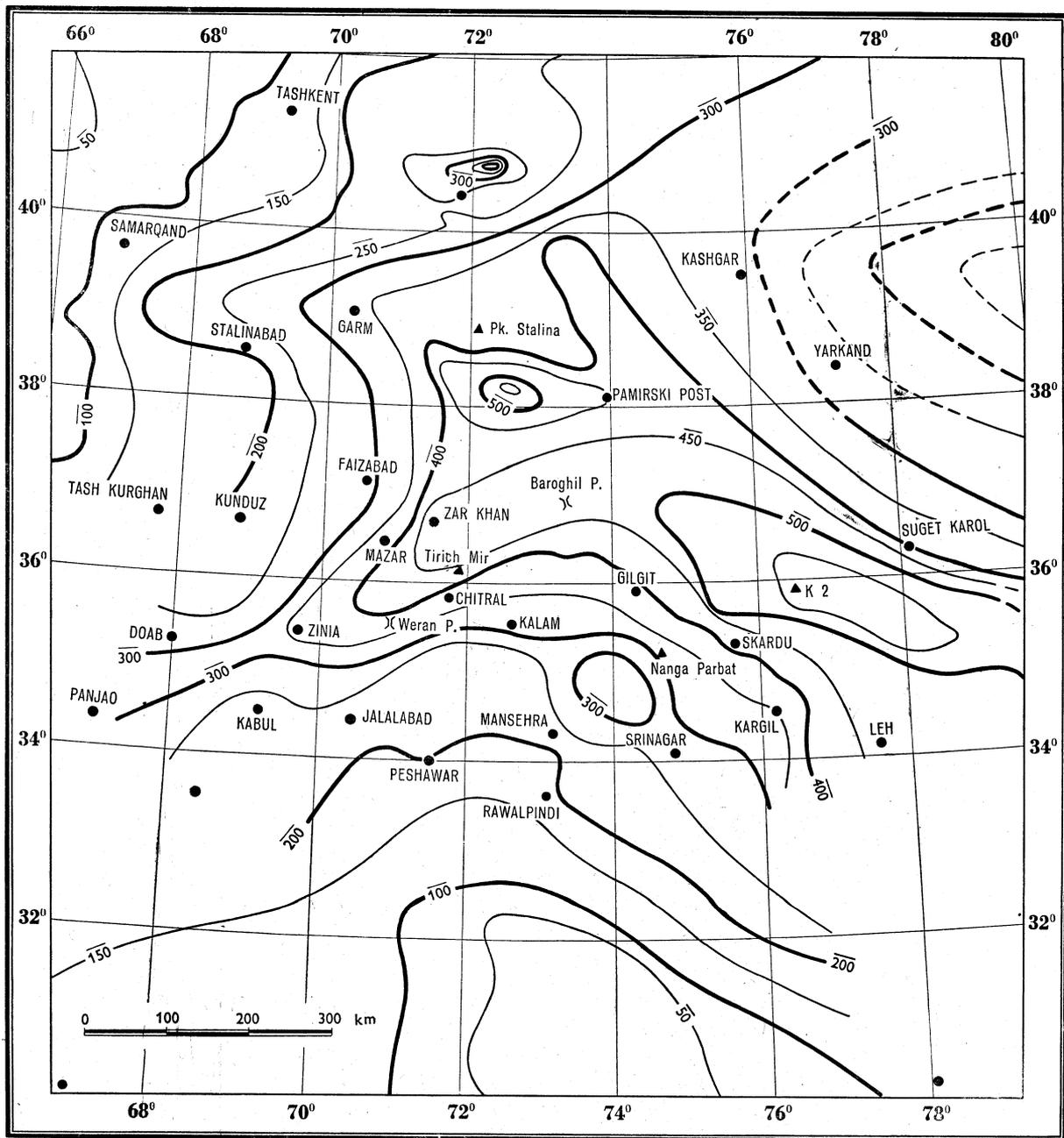


Fig. 2. - Anomalie di Bouguer.

Dai risultati della Spedizione, con completamenti da Gulatee e Rosova.

Come conseguenza di questo disturbo, la fascia di anomalie positive che borda a NE la catena del Karakorum culmina con una forte anomalia positiva (a nord di Pamirski Post) prima di essere bruscamente troncata fra il Transalai ed il Muztagh Ata (a SE del Picco Stalin), per lasciar luogo alle anzidette marcate anomalie negative. La fascia di anomalie positive che borda il Karakorum a SW, seguendo la catena esterna dell'Himalaya, non perde invece completamente la propria individualità, ma viene deviata, in corrispondenza della cosiddetta « sintassi » di Hazara, in direzione verso WSW, proseguendo per le montagne del Kohistan, e bordando a SSE la catena dell'Hindu Kush afghano, fino a sovrapporsi in parte con essa. Essa presenta tuttavia una marcata soluzione di continuità in corrispondenza di Jalalabad dove appaiono delle anomalie negative piuttosto marcate, che collegano la zona anomala negativa del Tadjikistan con quella del Punjab (fig. 3).

Quantunque l'Hindu Kush appaia sotto molti aspetti come la continuazione naturale del Karakorum, vi è dunque fra queste due catene una sostanziale differenza quando si abbia riguardo ai loro lineamenti gravimetrici: il Karakorum presenta la più volte illustrata simmetria, laddove l'Hindu Kush è invece tipicamente asimmetrico, mancando per esso la fascia di anomalie positive sul versante esposto verso NW.

Se si ha riguardo alla sismicità della regione (e nel far questo mi riferisco specialmente al lavoro di E. A. Rosova citato nella bibliografia, ed a quello di M. A. Choudhury, pubblicato nel volume dedicato alla Geofisica degli Atti della Spedizione Italiana al Karakorum-Hindu Kush), si nota che il massimo dell'attività sismica non si localizza in corrispondenza della sintassi Himalaya-Hindu Kush, là dove ci si dovrebbe attendere una accentuata concentrazione di sforzi quando si volesse spiegare lo sviluppo dell'orogene himalayano con la classica teoria delle compressioni provenienti dalle circostanti piattaforme rigide; esso si localizza anzi nettamente ad occidente del meridiano della sintassi e dello sperone di Hazara, che la piattaforma indo-pakistana sembra spingere verso l'Himalaya.

È questa una nuova riprova della disimmetria strutturale di detta sintassi, che contrasta con la sua apparente simmetria geologica e tettonica: ad oriente del meridiano di Hazara si ha la geosinclinale dell'Himalaya-Karakorum, regolare nei suoi lineamenti gravimetrici, tranquilla dal punto di vista sismico; ad occidente si ha invece la zona di forti anomalie gravimetriche negative che interrompe l'accennata regolarità, e che si accompagna ad una intensa attività sismica.

Colpisce - come già ha osservato la Rosova - la scarsa correlazione che esiste fra la distribuzione geografica degli epicentri, e la tettonica superficiale. Se questa correlazione è infatti avvertibile, com'è naturale, per i terremoti ad ipocentro superficiale, essa viene a mancare del tutto per quelli ad ipocentro più profondo, che si addensano in corrispondenza delle pendici nord-occidentali dell'Hindu Kush, fra il Tirich Mir e Faizabad. Questi ultimi terremoti tradiscono dunque la presenza di un'attività subcrustale profonda che non ha immediata continuazione nella tettonica superficiale (fig. 4).

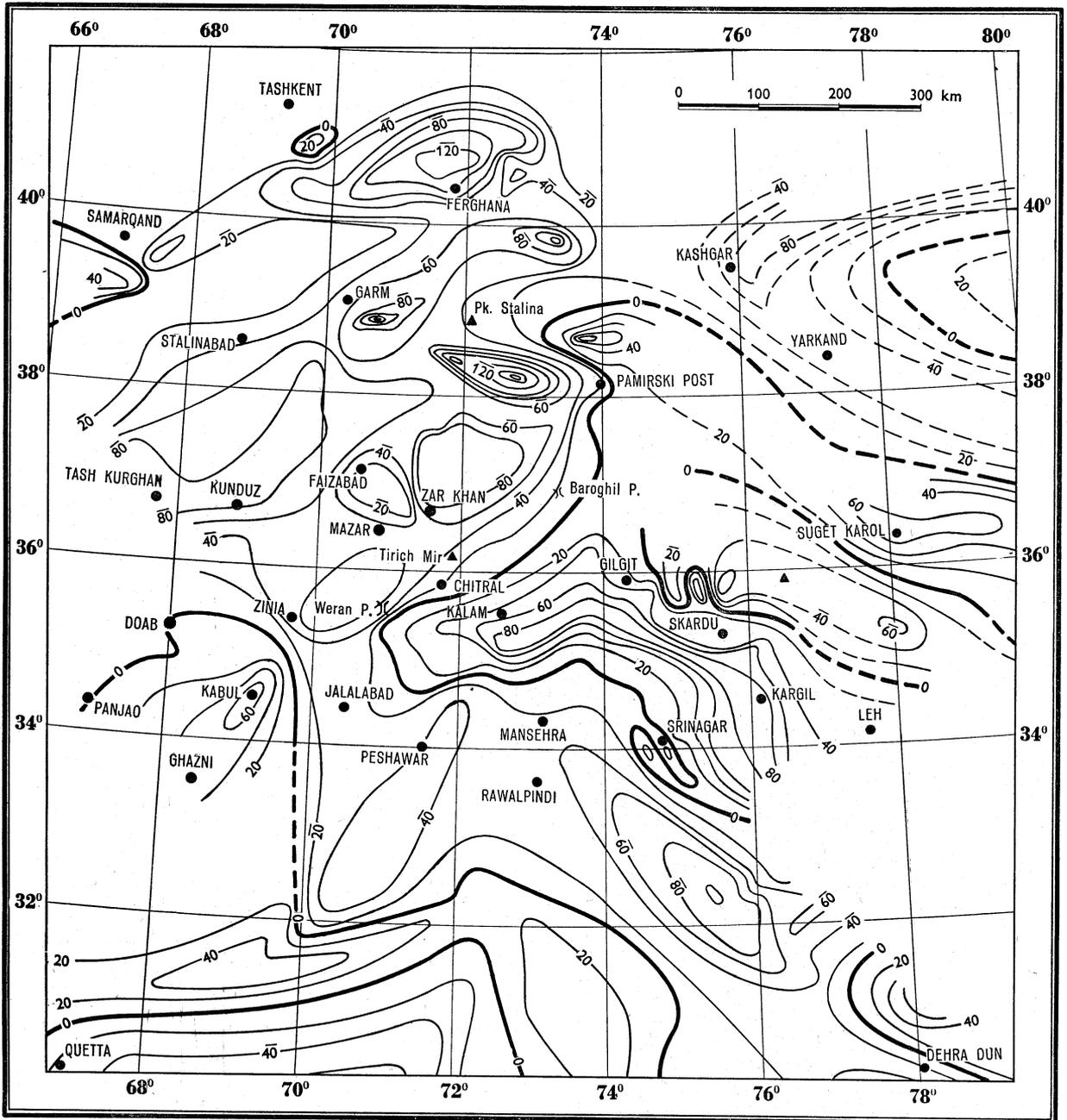


Fig. 3. - Anomalie isostatiche di Airy per $T = 30$ km.

Dai risultati della Spedizione, con completamenti da Erola e Gulatee.

Volendo cercare una spiegazione sintetica dei fatti osservati, sembra dunque che la classica ipotesi degli sforzi tangenziali provenienti dalle circostanti piattaforme rigide sia insufficiente a renderne ragione; e si ripropone quindi l'ipotesi del ruolo fondamentale ed attivo da attribuire nell'orogenesi all'intrusione dei graniti dovuti a fusione selettiva ed a separazione negli strati

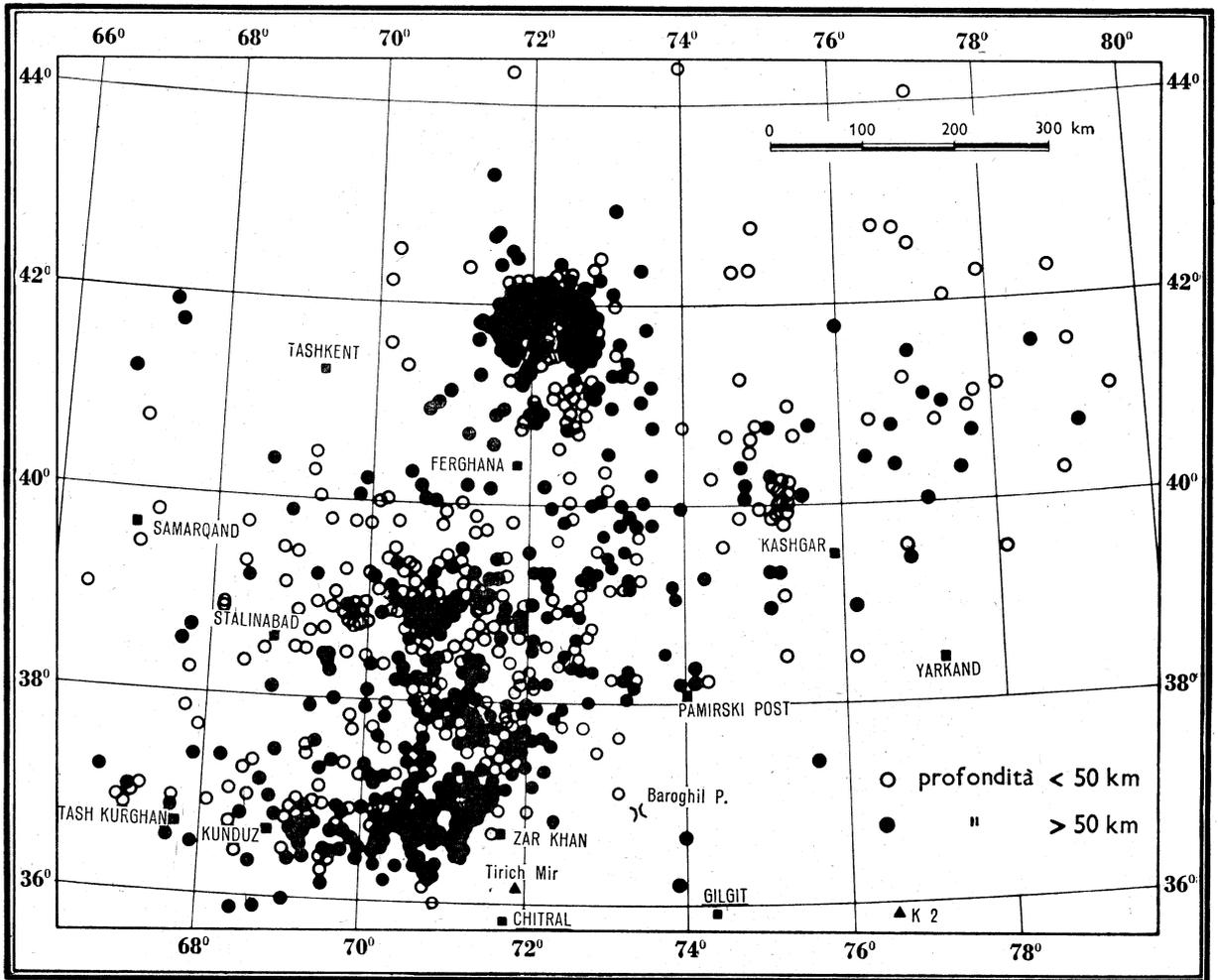


Fig. 4. - Sismicità.

Da Rosova (con semplificazioni).

subcrustali, secondo le teorie elaborate da vari Autori, fra cui ricordiamo Belousov, Magnitsky, Vinogradov e Wilson.

È opportuno ricordare a questo proposito che i geofisici sovietici hanno eseguito negli ultimi anni una serie di sondaggi sismici in profondità, intesi a determinare la topografia delle superfici di Conrad e di Mohorovičić, che hanno condotto a risultati del più alto interesse pubblicati (per quanto riguarda la superficie di Mohorovičić) in una memoria riassuntiva pubblicata nel 1962

sulla «Sovietskaia Geologia». La carta a curve di livello della superficie di Mohorovičić che illustra questo fondamentale lavoro è qui riprodotta con molte semplificazioni (fig. 5).

Confrontando questa carta con quelle delle superfici teoriche di Airy che implicano perfetto equilibrio isostatico nelle ipotesi di $T = 30$ e 40 km, per lo spessore normale della crosta, con una differenza di densità di $0,6 \text{ gr/cm}^3$ fra crosta e mantello, si constata anzitutto che lo spessore normale di 40 km si adatta forse meglio, nelle linee generali, ai fatti osservati; si notano tuttavia nella superficie reale delle accidentalità assai brusche e marcate rispetto a quella teorica di Airy. Così ad esempio il bacino di Ferghana appare interessato da un innalzamento della superficie di Mohorovičić di circa 10 km maggiore di quello che si avrebbe nella ipotesi $T = 40$ km (ma che sarebbe invece in accordo con l'ipotesi $T = 30$ km); tale innalzamento appare poi spostato verso sud del bacino stesso.

Ma ciò che più interessa qui, è il marcato ispessimento della crosta che si manifesta in corrispondenza dei Monti Yaghulem, e che anticipa di parecchie centinaia di chilometri ciò che la teoria isostatica si attenderebbe appena in corrispondenza delle massime elevazioni del Karakorum. È questa la zona dove sia la carta delle anomalie di Bouguer che quella delle anomalie isostatiche mostrano delle anomalie negative fortissime e localizzate, che non trovano alcuna giustificazione immediata nell'esame dell'orografia (fig. 6).

La profondità anomala della superficie di Mohorovičić, e l'esame del campo gravimetrico, concorrono dunque ambedue ad indicare qui la presenza di materiali più leggeri; ed in effetti le ricerche sismiche in profondità eseguite dai geofisici sovietici hanno individuato in questa regione uno straordinario spessore dello strato detto del granito in confronto a quello del basalto, spessore che è anzi il più grande fra tutti quelli finora riscontrati; esso supera qui infatti i 40 km, ed è appena necessario ricordare come sia ormai accertato che alla presenza di graniti si associno invariabilmente anomalie negative della gravità, essendo generalmente i graniti meno densi delle rocce metamorfiche incassanti.

Sembra anche interessante rilevare che le zone di maggiore sismicità accompagnano quelle nelle quali maggiormente si accentua il divario fra le superfici di Mohorovičić e di Airy.

Per concludere, vediamo adunque che le anomalie gravimetriche riscontrate nella vasta regione in istudio, trovano generale spiegazione nella teoria isostatica di Airy per uno spessore normale della crosta compreso fra i 30 ed i 40 km: le anomalie di Bouguer, ovunque fortemente negative, si riducono infatti in modo rilevante quando si applichi tale teoria. Le anomalie residue trovano poi in parte spiegazione nella presenza dei materiali sedimentari più leggeri che riempiono le fosse marginali del Tadjikistan, del Bacino di Ferghana, della fossa di Surkh (Valle del Qizil Su), della fossa di Yarkand, e della fossa indogangetica, ed in parte (ove esistono i risultati nel sondaggio sismico) mediante un eccezionale ispessimento della crosta ed in particolare dello strato del granito.

Più a sud, dove mancano i dati fondamentali della sismica di prospezione, è da ritenere, per l'analogia nei lineamenti gravimetrici e sismici, che le forti anomalie che si riscontrano nella zona settentrionale dell'Hindu Kush afghano siano parimenti da attribuire alla presenza di grandi intrusioni granitiche. Anche qui, come nel Pamir, queste forti anomalie negative si accompagnano

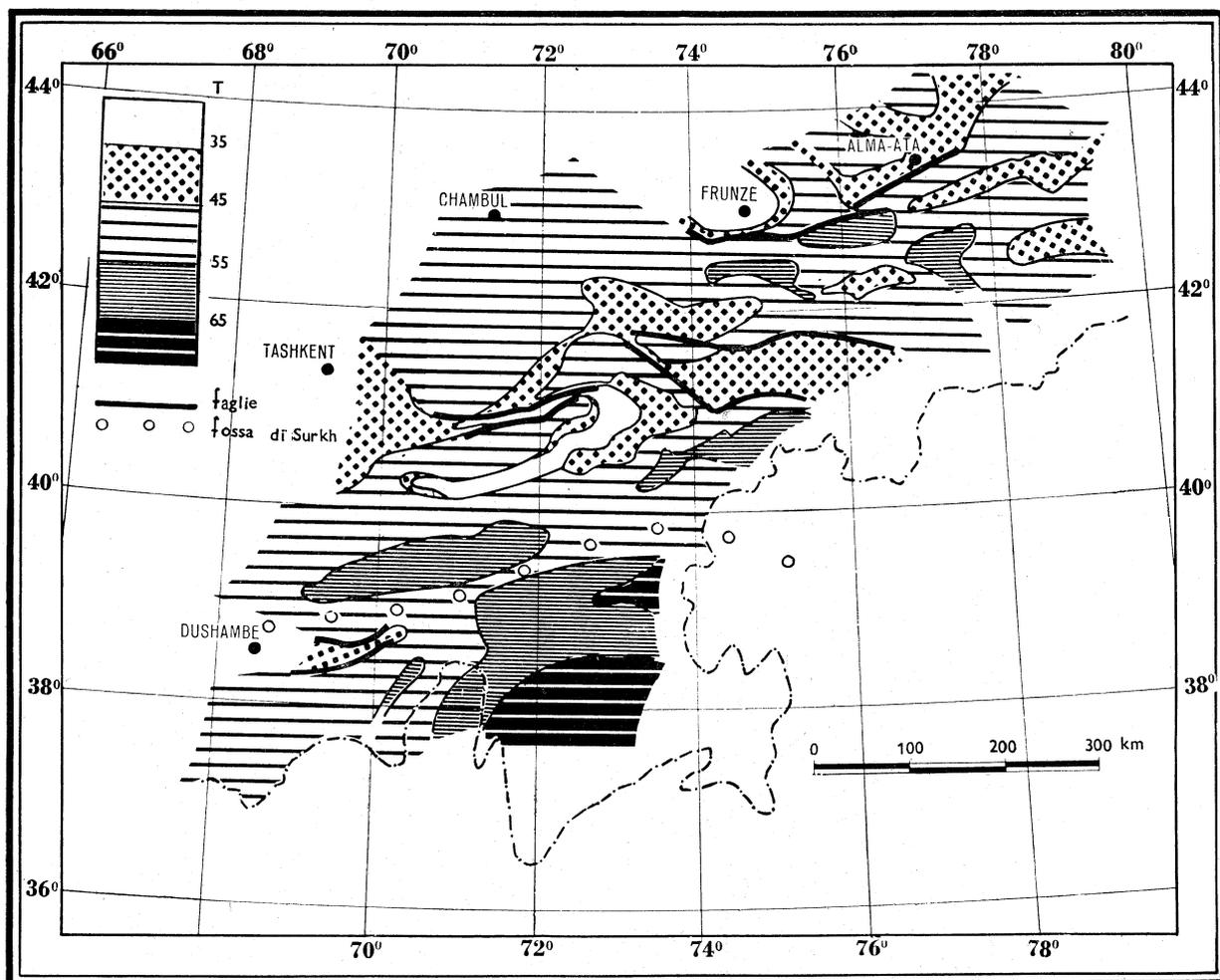


Fig. 5. - Profondità della superficie di discontinuità di Mohorovičić.

Da Krestnikov e Nersesov (con semplificazioni).

poi a zone di sollevamento recente, e confinano ad occidente con le zone di sprofondamento che hanno originato la grande depressione del Tadjikistan: il limite fra le due zone essendo segnato da una fascia di eccezionale attività sismica superficiale e profonda.

Quando si accettino queste vedute, la zona situata ad occidente della linea Chitral-Baroghil Pass-Pamirski Post appare dunque coinvolta da una poderosa intrusione granitica, che sarebbe responsabile della distruzione della geo-

sinclinale del Karakorum ad occidente della linea stessa, e spiegherebbe le forti anomalie negative che vi si riscontrano, l'eccezionale spessore dello strato del granito trovato nei sondaggi sismici in profondità, e l'attività sismica profonda che si localizzerebbe al contatto dell'intrusione con il bordo meridionale tuttora resistente della sinclinale dell'Himalaya-Karakorum.

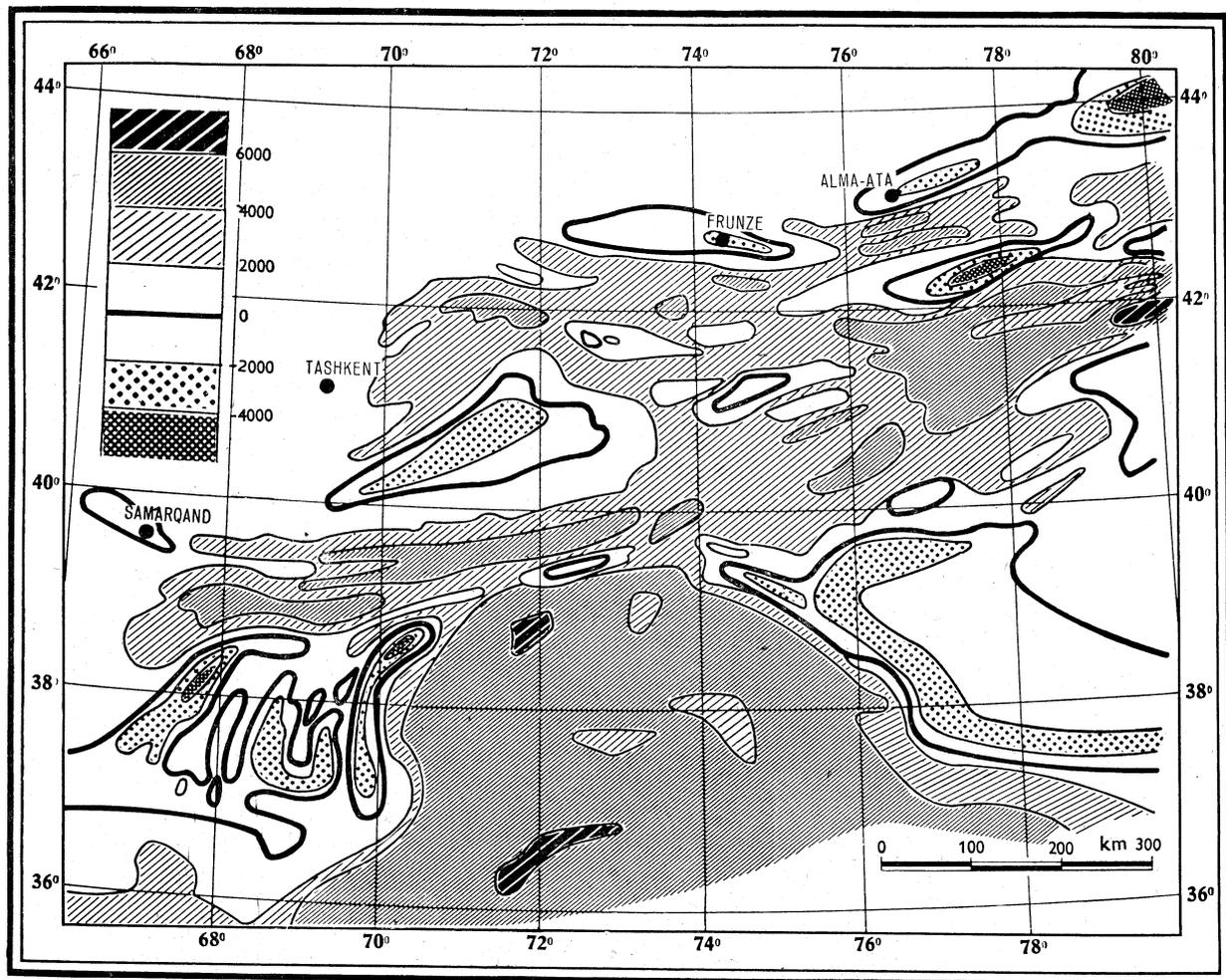


Fig. 6. - Quote medie e profondità delle depressioni.

Da Krestnikov e Nersesov (con semplificazioni).

Già si è rilevato nel volume citato in principio, come la zona longitudinale d'anomalie negative che accompagna l'asse della catena del Karakorum, sia a sua volta da attribuire ad intrusioni granitiche sinorogenetiche avvenute in corrispondenza del fondo della geosinclinale del Karakorum-Himalaya, e si è pure accennato all'ipotesi che queste intrusioni abbiano avuto una parte attiva fondamentale nella trasformazione della geosinclinale in orogene, conformemente alle già ricordate teorie.

Il quadro che si è cercato di tracciare per il più vasto complesso montuoso del Pamir, dal quale diramano le grandi catene dell'Himalaya in senso lato, dell'Hindu Kush e del Tien Shan, ripropone ora in termini ancora più generali il problema del ruolo tenuto dalle intrusioni granitiche nell'evoluzione delle geosinclinali.

BIBLIOGRAFIA.

- G. ABETTI, A. ALESSIO, *Geofisica, gravità e magnetismo*. Spedizione Italiana De Filippi nell'Himalaya, Caracorùm e Turchestàn Cinese (1913-1914); Ser. I - *Geodesia e Geofisica*, vol. II; Zanichelli, 1929.
- E. A. ROSOVA, *Contribution to the study of the structure of the earth's crust in Central Asia*, « Akad. Nauk SSSR », Seism. Inst. Trudy, no. 94; Moskva-Leningrad 1939.
- V. EROLA, *On the Structure of the Earth's Crust in the Neighborhood of the Ferghana Basin*, Isostatic Inst.; Pubs., No. 10 (1941).
- N. AMBOLT, *Relative Schwerkraftsbestimmungen mit Pendeln in Zentralasien*, Reports from the Scientific Expedition to the NW Provinces of China under the Leadership of Dr. Sven Hedin - The Sinq-Swedish Expedition; Publication 30, II Geodesy/2; Stockholm 1948.
- E. A. ROSOVA, *Distribution of earthquake epicentres and hypocentres in Central Asia*, « Akad. Nauk SSSR », 1950.
- G. A. GAMBURZEV, P. S. WEIZMAN, *Comparison between the results of seismic deep sounding in Northern Tien Shan and seismological and gravimetric data, in connection with the structure of the Earth*, « Akad. Nauk SSSR Izv. », Ser. geofiz., no. 9 (1956).
- B. L. GULATEE, *Gravity Data in India*, « Surv. India », Techn. Paper no. 10 (1956).
- A. MARUSSI, *Gravimetric and Magnetometric Surveys Performed by the Italian Karakorum Expedition 1954-55*, « Bull. Géod., année 1956 », no. 41 (1956). Ist. Topografia e Geodesia Univ. Trieste; Publ., ser. A, no. 27.
- N. S. SHATSKII, et al., *Tectonic map of the U.S.S.R. and bordering regions on the scale of 1 to 5,000,000*, « Akad. Nauk SSSR », 1956.
- SURVEY OF INDIA, *Gravity anomalies over pre-Cambrian in Peninsular India*, « Surv. India », Techn. Paper, no. 11 (1956).
- P. S. WEIZMAN, I. P. KOSMINSKAYA, YU. V. RISNICHENKO, *New evidence for the structure of the earth's crust and mountain roots in Central Asia from data on seismic deep sounding*, Abstracts of the Reports at the XI General Assembly of the I.U.G.G. - The International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior; Moskva 1957.
- I. P. KOSMINSKAYA, G. G. MIHOTA, YU. V. TULINA, *Constitution of the Earth's crust in the Alai-Pamir zone, after deep sounding results*, « Akad. Nauk SSSR Izv. », Ser. geofiz., 1958.
- V. V. BELOVSSOV, *Development of the Earth and Tectogenesis*, « Journ. Geophys. Research », vol. 65, no. 12, Dec. 1960.
- E. N. BESSONOVA, et al., *Investigation of the mechanism of earthquakes*, « Soviet Research in Geophysics in english translation », vol. 4, Am. Geoph. Un., 1957 (pubbl. 1960), pp. 100-118.
- A. DESIO, A. MARUSSI, *On the Geotectonics of the Granites in the Karakorum and Hindu Kush Ranges (Central Asia)*, Int. Geological Congress, Copenhagen 1960. Ist. Topografia e Geodesia Univ. Trieste; Publ. no. 56.
- V. N. KRESTNIKOV, I. L. NERSESOV, *Struttura tettonica del Pamir e Tien Shan e sua relazione con la superficie di Mohorovičić*, « Sovietskaia Geologia », no. 11 (1962).
- B. I. BUDANOV, A. M. MESKHI, V. N. VOLKOW, S. P. KIRILOV, *Sull'età del magmatismo granitoide del Pamir e Darvas*, « Dokladij Akad. Nauk S.S.S.R. », vol. 136 (1962).