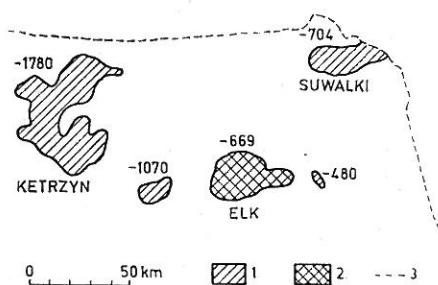


## Ősi mállási kéreg Északkelet-Lengyelország bázisos kristályos alapkőzetein

KABATA-PENDIAS, A. és PENDIAS, H.

Geológiai Intézet, Varsó (Lengyelország)

A tanulmány három intrúzió — melyek földrajzi elhelyezkedésük alapján a Suwalki, Ketrzyn és Elk intrúzió (1. ábra) nevet viselik — kialakult mállási zónával foglalkozik. Ezek az intruzív kőzetek a prekambrium korszakból származnak, ugyanúgy mint a körülöttük levő gránitformációk. Az intrúziók és az őket körülvevő valamennyi kristályos formátum felületén főként triász kori üledék található [1, 3].



1. ábra

Az intruzívok elhelyezkedése a gránit környezetben (JUSKOWIAK [4] szerint). 1. anortozit intrúziók; 2. szienit intrúziók; 3. országhatár. A számok jelzik az intruzív kőzetek legmagasabb pontjainak átlagértékeit méterben, a tenger szintjéhez viszonyítva.

### Anyag és módszer

A mintákat az intrúziókba bemélyített fúrólukakból gyűjtöttük össze. A kémiai analízist lángfotométer és atomabszorpciós spektrométer segítségével végeztük. A telérekből és az átalakult kőzetfoltokból gyűjtött ásványok és az agyagfrakció ásványi összetételét röntgen-diffrakció segítségével Rigaku-diffraktométerrel CuK-alfa sugárzás mellett határoztuk meg. A légszáras, valamint különböző kémiai és hőkezeléseknek alávetett mintákból röntgen-diffraktogramokat készítettünk. Elektronmikroszkópos felvételeket főleg nontronit és halloysit meghatározásánál használtunk [5, 6].

### Az eredmények és megvitatásuk

A Suwalki intrúzió noritokból, anortozitokból, gabbrodioritokból és ilmenit-magnetit kőzetekből áll [4]. A noritokban és az anortozitokban a gyakori ásványtársulások a következők: plagioklászok (andezin-labradorit), piroxének, magnetit és ilmenit, de különböző arányban. A gabbrodioritok savanyúbb származékként alakultak ki és plagioklászokat (oligoklasz-andezin), mikrolint, kvarcot, piroxéneket és biotitot tartalmaznak. Az átalakult kőzetek maximálisan mintegy 10 m mélységben a mérsékelt, repedés menti foltokban kialakult mállás típusát mutatják, KABATA-PENDIAS meghatározása szerint [5]. A mállási öveget részletes vizsgálata alapján megállapítottuk, hogy a másodlagos ásványok különféle eredetűek.

A fehér ásványok, amelyek különböző méretű foltokban fordulnak elő, az átalakult intrúziók és az eokambriumból származó üledék kontakt zónájában, főleg kaolinitből, kvarcból és (néhány fúrólukban) gipszből állnak (2A/a. ábra). Ezek az ásványok valószínűleg reliktumok, melyek megmaradtak a mállási öveknek a permii denudáció alatt bekövetkezett pusztulása után.

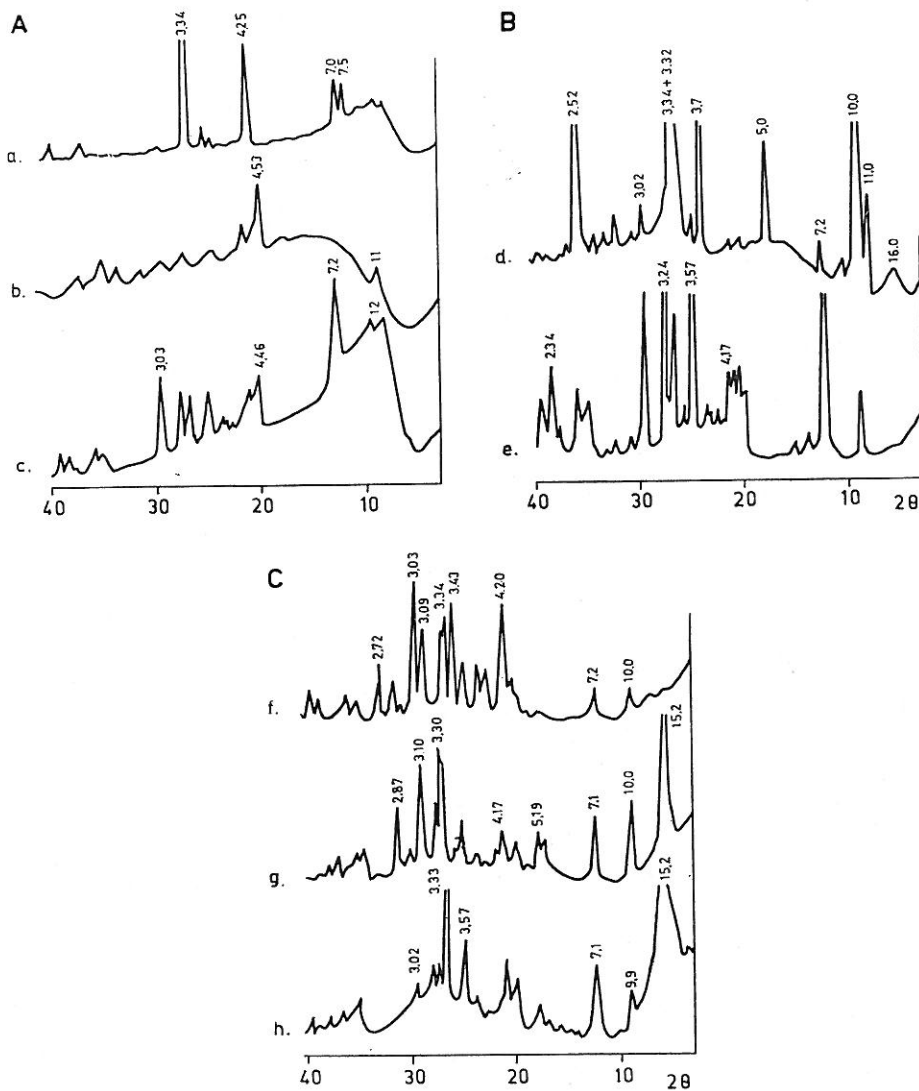
Olajzöld, barna és sárga ásványok fordulnak elő foltokban, a noritok és anortozitok mállási zónáinak felső részén. Ezen anyagoknak tipikus összetevői a montmorillonit csoport ásványai, pontosabban meghatározva a nontmorillonit és a Na-montmorillonit, amelyek goethittel és amorf vasoxidokkal társulnak (2A/b. ábra). Ezek az ásványok piroxénekből származnak. Hasonló másodlagos ásványok kialakulását írta le VASILYEVAS [12], valamint LEWYKH és MAKHNACH [8], akik a kristályos alaphegységek bázikus magmás kőzetein kialakult mállási öveget vizsgálták. A kis foltokban előforduló világossárga anyag illit-montmorillonit kaolinnal, ritkán halloysittal kevert rétegeiből áll (2A/c. ábra). A kalcit is gyakori alkotórésze ezeknek az ásványtársulásoknak. Azok az ásványok, amelyek a leggyakoribbak az átalakult gabbrodioritban, az eredeti kőzetben levő plagioklász földpátokkal és biotittal vannak kapcsolatban. Bár PARHAM [9] utal arra, hogy a halloysit gyakori származéka a földpátok mállásának, ezt az ásványt ritkán lehetett azonosítani.

Az intrúzió kis telérei és repedései általában magnetitből és ilmenitből másodlagosan átalakult, vastartalmú ásványokat tartalmaznak. A goethit a leggyakoribb alkotórész, de hematit, maghemit és lepidokrokit szintén van jelen. SEGALEN [11] úgy vélte, az ilyen vasoxidok, különösen a maghemit jelenléte azt bizonyítja, hogy vasban gazdag, alkalikus, kristályos kőzetek mállása forró és humid éghajlati viszonyok között ment végbe.

A mállás alkalikus indexét (AIW) PARKER egyenlete [10] szerint számoltuk ki. Az index viszonylag magas értéke azt jelzi, hogy a noritok és az anortozitok átalakulása alatt az alkálifémek és az alkáliföldfémek feldúsulása következett be, különösen a mállás első szakaszában (1. táblázat). A vas és a hozzákapcsolódó fémek szintén felhalmozódtak ebben a rétegben.

A Kotrzyn intrúzió anortozitot tartalmazó részéből csak egy fúrásból vettünk mintát. Ennek ásványi összetétele azonos azzal az anortozitával, melyet a Suwalki intrúzióban találtunk. Az intruzív kőzetek felső rétege a mállás hasadék-menti foltokban kialakult típusára utal. Az egyetlen átalakulás, amit a kőzetben megfigyeltünk az, hogy kaolinit alakult ki a plagioklász földpátból. Az összes többi elsődleges ásvány viszonylag jó megtartású.

Egy második fúrólukat a környező gránitokba mélyesztettünk, és ez kezesztette a kristályos kőzetek és a triász elején keletkezett homokkövek kontakt



2. ábra

CuK-alfa sugárással készített orientált röntgendiffrakciós felvétel a (A) noritok és anortozitok, (B) gránitok és (C) szienitek mállási övezetéből elkülönített ásványokról: a) fehér ásványok az átalakult norit és az üledékek kontakt övezetében előforduló lencséből (a kijelzés négyszer kisebb érzékenységtű, mint a többi felvételnél); b) olajzöld ásványok a norit teljes mállott profiljában eloszlott lencséből; c) világossárga ásványok az anortozitlencséből; d) kismértékben mállott biotitlemezek; e) átalakult földpát-szemcsék; f) sárgás ásványok a repedésekből; g) zöldes ásványok a kis lencséből; h)  $< 2 \mu$  frakció az átalakult szienittestből.

## 1. táblázat

A mállás alkalis indexe (AIW) és a vas megoszlásának az indexe ( $ID_{Fe^{3+}}$ )\*

(1) Kőzet és index	(2) Új kőzet	(3) Mállott kőzetek				
		(4) nagyon kis mértékben	(5) kismértékben	(6) mérsékelten	(7) erősen	
a) Noritok	AIW	60,3	72,5	68,3	47,7	23,4
	$ID_{Fe^{3+}}$	—	1,0	1,1	1,6	1,4
b) Anortozitok	AIW	52,4	70,7	82,8	54,6	23,4
	$ID_{Fe^{3+}}$	—	1,8	1,3	0,6	0,8
c) Granitoidok	AIW	85,5	70,4	79,9	—	—
	$ID_{Fe^{3+}}$	—	2,3	1,9	—	—
d) Szienitek	AIW	89,2	95,0	72,2	52,8	6,2
	$ID_{Fe^{3+}}$	—	0,9	1,2	1,6	0,1

\* A vas megoszlásának az indexét a mállott és az új kőzet  $Fe_2O_3$  tartalmának hányadosából számítottuk ki.

zónáját is. A mállott gránit és az üledék keveréke vékony réteget alkot, amelyben néhány kis kaolinit-, kalcit- és vasoxid-konkréción fordul elő. A foltokban található biotit másodlagos ásványai a montmorillonit (16,0 Å), a hidrobiotit (11,0 Å) a szericit (3,7 Å) és kis mennyiségű kaolinit (7,2 Å) voltak, míg az átalakult földpátszemcsékben főleg kaolinitet figyeltünk meg (2B. ábra).

Az anortozit intrúzió és a Ketrzynt körülvevő gránitok átalakulásának tendenciája hasonlóságot mutat azokhoz a hipergén folyamatokhoz, amelyeket a Suwalki intrúziónál figyeltünk meg. Feltehetően a perm denudáció alatt egy jobban kifejlődött mállási zóna pusztult le.

A mállás alkalis indexének értéke emelkedik a mállott gránitban a mélység csökkenésével. Hasonló tendenciát figyeltünk meg a vasoxidok- (1. táblázat), valamint más nehézfémek eloszlásánál is.

Az Elk intrúzió idősebb gránitkőzetekkel körülvett szienitekből áll. A szienitek gyakori ásványtársulásai: ortoklász-mikrolin fázis és oligoklász-albit fázis biotittal, szodalittal, piroxénnel és más járulékos ásványokkal. Az intrúziót repedések és porfiriterek hálózata szövi át. Ez azt jelenti, hogy az átalakulásnak két típusa — hipergén és hidrotermál is — ment végbe a szienitben. Az intrúzió délkeleti részén egy mélyen mállott szelvény (kb. 20 méter) maradt meg, míg az intrúzió északnyugati részén a szienit csak alig változott [2, 7].

A fúrólukak egyikénél mállott szienitek és triász kori homokkő kontakt zónáját figyeltük meg. A kevert kőzet vékony rétegében kaolinit és hidrobiotit foltok és kis fészkek fordultak elő. Ebből arra következtethetünk, hogy ez egy előzőleg kialakult kaolinréteg maradványa, melyet a perm denudáció szétrombolt.

Az intrúzió vékony ereiben és hasadékaiban a következő másodlagos ásványok fordulnak elő: montmorillonit, hidrobiotit, illit-montmorillonit, kalcit és barit (2C. ábra). Az utóbbi két ásvány általában goethittel színeződik és általában az intrúzió felső zónájában található. Földpátokból kialakult kaolinit szintén van jelen az egész szienittestben. A szmektitok és a kalonitok pár-

huzamos előfordulása azt jelzi, hogy a szienit intrúzióban az átalakulás két típusa ment végbe. Az átalakulási folyamatoknak ezt a mikrokülönbségét az intrúzióban cirkuláló különféle oldatok okozzák, pl. lefelé mozgó savanyú-, ill. felfelé mozgó alkalikus oldatok. A szienit intrúzió ásványi és kémiai változékonysága a különböző típusú oldatok által okozott átalakulás végső eredménye.

A mállás alkalikus indexe az alkálifémek és az alkáliföldfémek koncentrációját mutatja az átalakult szienitek különböző rétegeiben (1. táblázat). A vas és néhány nyomelem (Mn, Co, V, Ba, Pb, Sr) eloszlása megfelel a fenti mintának a mállott szelvényben [7].

### Következtetések

Az ásványi és geokémiai vizsgálatok azt mutatják, hogy a három intrúzió kőzetei azonos klimatikus feltételek között és azonos geológiai korban mállottak. Bár az intrúziók hosszú időn keresztül hipergén környezetnek voltak kitéve, van néhány bizonyíték arra, hogy a fennmaradt átalakult kőzetek, amelyek az utolsó, feltételezhetően kaolinitet tartalmazó mállási zónából származnak, amelyből fennmaradt a reliktum, a perm denudáció alatt erodálódtak.

Az intrúziók másodlagos ásványai átalakulásának az iránya két meghatározó faktort jelez: a hipergént és a hidrotermálist.

Az ásványok átalakulásának közbülső szakaszai nagymértékben függenek az anyagozettól. Habár minden intrúzió mállásának végső terméke kaolinit, ez különböző mértékben társul más másodlagos ásványokkal. A mállás mélysége és típusa függ az intrúziók szerkezetétől is. Az, hogy különböző folyadékok a repedések és az erek mentén könnyen hatolhatnak be, befolyásolja a másodlagos ásványok kialakulásának fokozatát és irányát.

A Lengyelország északkeleti részén elhelyezkedő intrúziók forró és periodikusan humid klímában mállottak. Ezek a feltételek kedvezőek a montmorillonit-csoport ásványainak és a különböző vasoxidoknak a felhalmozódására.

### Összefoglalás

A noritok, az anortozitok, a szienitek és a gabbrodioritok mállási kérge a paleozoikum forró és periodikusan humid klimatikus viszonyai között keletkezett. Valamennyi kőzet végső mállási terméke kaolinit, de különböző arányban van más másodlagos ásványokkal, melyek főleg a montmorillonit- és illit-csoport ásványai és a különböző vasoxidok. Ez az arány, éppúgy, mint az ásványátalakulások közbülső szakaszai, nagymértékben függenek az anyagozettól.

A kristályos kőzettestek szerkezete szintén nagyon fontos tényező volt, ami befolyásolta a másodlagos ásványok kialakulásának irányát és az elsődleges ásványok közötti eloszlását.

A bázikus kristályos kőzetek mállásánál az átalakulás első szakaszában kedvezőek voltak a viszonyok a montmorillonit-csoport ásványainak és a különböző vasoxidoknak képződésére.

## I r o d a l o m

- [1] AREN, B.: Budowa geologiczna pokrywy osadowej na podstawie głębokich otworów wiertniczych. *Prace Inst. Geol.* **74.** 10—19. 1974.
- [2] GÖRLICH, É., BADAŁ, J. & STOCH, L.: Podłoże krystaliczne. Wyniki wiercenia Elk IG. 1. *Biul. Inst. Geol.* **176.** 41—64. 1964.
- [3] JUSKOWIAK, O.: Skaly plutoniczne północno-wschodniej Polski. *Biul. Inst. Geol.* **245.** 7—170. 1971.
- [4] JUSKOWIAK, O.: Skaly plutoniczne. *Prace Inst. Geol.* **68.** 70—108. 1973.
- [5] KABATA-PENDIAS, A.: Hiperogeniczne przeobrażenia skal intruzji suwalskiej. *Kwart. geol.* **14.** 633—646. 1970.
- [6] KABATA-PENDIAS, A.: Mineraly wtórne w anortozytach i norytach intruzji suwalskiej. *Kwart. geol.* **17.** 205—221. 1973.
- [7] KABATA-PENDIAS, A.: Hiperogeniczne przeobrażenia syenitów intruzji ciekiej. *Arch. Inst. Geol. Report.* 1973.
- [8] LEVYKH, N. N. & MAKHNACH, A. S.: Dorifejskiye kori vivyetrivaniya razvitiye na osnovnikh magmaticeskikh porodakh bieloruskogo massifa. *Dokl. A. N. BSSR.* **15.** 336—339. 1971.
- [9] PARHAM, W. E.: Formation of halloysite from feldspar. *Clays & Clay Min.* **18.** 13—22. 1969.
- [10] PARKER, A.: An index of weathering for silicate rocks. *Geol. Mag.* **107.** 1970.
- [11] SEGALEN, P.: Le fer dans les sols. *ŐRSTOM. Doc. techn.* **4.** 1—150. 1964.
- [12] VASILYEVAS, V.: Drevniye kori vivyetrivaniya kristalicheskogo fundamenta yuzhnoy Pribaltiki. *Izd. Mintis. Minsk.* 1969.

Érkezett: 1975. október 30.

## The Ancient Weathered Crust of Basic Crystalline Rocks in North-Eastern Poland

A. KABATA-PENDIAS and H. PENDIAS

Geological Institute, Warsaw (Poland)

### Summary

The weathered crust of norites, anorthosites, syenites and gabbrodiorites was formed under the hot and periodically humid climatic conditions of the Palaeozoic period. The final product of the weathering of all rocks is kaolinite but in varying proportions to other secondary minerals which are mainly the minerals of montmorillonite and illite groups and various iron oxides. This proportion as well as the intermediate stages of the transformation of minerals depend to a great extent on the mother rocks.

The structure of the crystalline rock bodies was another important factor controlling the trend of formation of secondary minerals and their distribution between the primary minerals.

The conditions of the weathering of the basic crystalline rocks were favourable for the formation, at the first stage of alteration, of minerals of the montmorillonite group and for that of various iron oxides.

*Table 1.* Alkaline index of weathering (AIW) and the index of iron distribution ( $ID_{Fe^{2+}}$ ) (Remark: the index of iron distribution is calculated as a ratio of  $Fe_2O_3$  in weathered rocks to  $Fe_2O_3$  in the fresh rock). (1) Rock and index. (2) Fresh rock. (3) Rocks weathered (4) very slightly, (5) slightly, (6) moderately, (7) strongly.

*Fig. 1.* Location of the intrusives in granitic surroundings (according to Juszkowiak [4]). 1. anorthosite intrusions. 2. syenite intrusion. 3. national boundary. Numbers indicate the average depth of the top of intrusive rocks in meters, below sea level.

*Fig. 2.* Smoothed X-ray diffraction patterns using CuK-alpha radiation for the minerals separated from the weathering zone of (A) norites and anorthosites, (B) grani-

toids and (C) syenites. a) white minerals from the spots of the contact zone of altered norite and sediments (recorded at four times smaller sensitivity than the other patterns); b) olive-green minerals from the spots distributed in the whole weathering profile of norite; c) bright yellow minerals from the spots of anorthosite; d) slightly weathered biotite flakes; e) altered grains of feldspars; f) yellowish minerals from the fissures; g) greenish minerals from the small spots; h)  $< 2 \mu$  fraction from altered syenite body.

## Croûte altérée ancienne sur les roches basiques cristallines de la Pologne du nord—nord-est

A. KABATA-PENDIAS et H. PENDIAS

Institut Géologique, Varsovie (Pologne)

### Résumé

La croûte altérée des norites, anorthosites, syénites et gabbrodiorites était formée dans les conditions climatiques torrides et périodiquement humides de l'ère paléozoïque. Le produit final de l'altération de toutes les roches est kaolinite mais en proportions différentes aux autres minéraux secondaires ce qui sont en premier lieu des minéraux du groupe de montmorillonite et d'illite ainsi que des oxydes de fer différents. Cette proportion et les phases intermédiaires de la transformation des minéraux dépend considérablement de la roche-mère.

La structure des corps des roches cristallines était un autre facteur important influençant le sens de formation des minéraux secondaires et leur distribution parmi les minéraux primaires.

Les conditions d'altération des roches cristallines basiques ont favorisé la formation — à la première phase de l'altération — des minéraux du groupe de montmorillonite et celle des oxydes de fer différents.

*Tableau 1.* Indice alcalin de l'altération (AIW) et indice de la distribution du fer ( $ID_{Fe^{+}}$ ). (L'indice de la distribution de fer était calculé du rapport entre la teneur en  $Fe_2O_3$  des roches altérées et le  $Fe_2O_3$  de la roche fraîche.) (1) Roche et indice. (2) Roche fraîche. (3) Roches altérées (4) très faiblement, (5) faiblement, (6) modérément, (7) fortement.

*Fig. 1.* La localisation des intrusives dans le milieu des granites (selon Juskowiak, 1973). 1. Intrusions d'anorthosite. 2. Intrusion de syénite. 3. Frontière du pays. Les numéros indiquent les profondeurs moyennes des roches intrusives supérieures en mètres au-dessous du niveau de la mer.

*Fig. 2.* Figures des diffractions aux rayons-x employant de radiation CuK-alpha pour les minéraux séparés de la couche d'altération des norites et anorthosites (A), granitoides (B) et syénites (C). a) minéraux blancs des taches de la zone de contact des norites altérées et des sédiments (sensitivité quatre fois plus faible que pour les autres figures); b) minéraux olivacés des taches distribuées dans le profil altéré entier de norite; c) minéraux jaune-clairs des taches d'anorthosite; d) lamelles de biotite faiblement altérées; e) granules altérés des feldspaths; f) minéraux jaunâtres des fissures; g) minéraux verdâtres des petites taches; h) fractions  $< 2 \mu$  du corps de syénite altérée.

## Ранняя кора выветривания на кристаллических основных породах Северо-Восточной части Польши

А. КАБАТА-ПЕНДИАС и Х. ПЕНДИАС

Геологический институт, Варшава (Польша)

### Резюме

Кора выветривания норитов, анортозитов, сиенитов и габбродиоритов сформировалась в жарких и периодически влажных климатических условиях палеозоя. Конечным продуктом выветривания перечисленных пород является каолинит с различным соотношением других вторичных минералов в основном с минералами группы монтмориллонита и иллита, а также различных окислов железа. Соотношение этих минералов, так же как и промежуточные стадии переобразования минералов, в значительной степени зависят от материнской породы.

Важным фактором является и кристаллическое строение пород, что оказывало влияние на направление образования вторичных минералов и на их распределение между первичными минералами.

При выветривании основных кристаллических пород в первом периоде переобразования создались благоприятные условия для образования минералов группы монтмориллонитов и различных окислов железа.

*Табл. 1.* Алкалический индекс выветривания (AIW) и индекс распределения железа ( $ID_{Fe^{3+}}$ ) (Индекс распределения железа представляет собой частное от деления содержания  $Fe_2O_3$  в выветрившихся и новых породах). (1) Порода и индекс. (2) Новая порода. (3) Выветрившаяся порода. (4) Породы выветрившиеся в очень слабой степени. (5) Породы выветрившиеся в слабой степени. (6) Умеренно выветрившиеся породы. (7) Сильно выветрившиеся породы. а) нориты. б) анортозиты. с) граниты. д) сиениты.

*Рис. 1.* Распределение интрузивов в гранитной среде (по Юсковнак, 1973). 1. Интрузивный анортозит. 2. Интрузивный сиенит. 3. Государственная граница. Цифры обозначают средние величины максимальных высот залегания интрузивных пород (в м) по сравнению с высотой над уровнем моря.

*Рис. 2.* Ориентированная рентгенодифракционная съемка (проведенная при облучении Си К-альфа) минералов, выделенных из зон выветривания (А) норитов и анортозитов, (В) гранитов и (С) сиенитов: а) белые минералы, встречающиеся в линзах на контакте измененных норитов и осадочных пород (чувствительность в четыре раза слабее, чем при других съемках); б) оливковые минералы из линз в профиле полностью выветрившегося норита; с) светло желтые минералы из линз анортозита; д) пластинки биотита, выветрившегося в незначительной степени; е) переобразованные зерна полевых шпатов; ф) желтые минералы из трещин; г) зеленоватые минералы из малых линз; h) фракции  $< 2\mu$  из переобразованного сиенита.