

*Andrzej SKOWROŃSKI**, *Piotr WYSZOMIRSKI**

THE CONTENT AND DISTRIBUTION OF URANIUM IN BASALT FROM KSIĘGINKI, LOWER SILESIA (PRELIMINARY RESULTS)

UKD 550.422/423:552.333.5:539.173.8(438-14)

Abstract. The uranium content and distribution of five basalt samples from Księginiki was determined by uranium fission track method. It has been found that coarse-crystalline olivine-pyroxene-spinel concentrations are embedded in micro-crystalline basalt with single pyroxene and olivine phenocrysts. They may represent material detached from the upper layers of the Earth's mantle. Uranium content in pyroxene and olivine phenocrysts is low (0.03—0.10 ppm), and so it is in olivines and pyroxenes from the coarse-crystalline concentrations. The spinels contain still less uranium (< 0.005 ppm) whereas its content in the microcrystalline basalt matrix consisting of plagioclases, opaque minerals and pyroxenes amounts to 3—5 ppm. Those data indicate that the magmatic melt, from which basalt crystallized subsequently, was enriched in uranium compared with the earlier-formed phenocrysts. The results obtained do not permit, however, to advance an unequivocal hypothesis on the genesis of the coarse-crystalline olivine-pyroxene-spinel concentrations (xenoliths from the Earth's mantle or the products of gravitational differentiation during fractional crystallization).

The serpentinized zones in olivines are enriched in uranium (2.5—3 ppm).

INTRODUCTION

Studies of the distribution of radioactive elements (uranium, thorium, and also potassium) in the basalt-type basic rocks yield many petrologic data. Sometimes, the rocks in question contain olivine-pyroxene-spinel xenoliths, the composition of which corresponds to peridotite. They are considered to originate from the upper Earth's mantle and represent the hypothetical pyrolith. The amount of radioactive elements in the mantle rocks has a bearing on the total heat balance of the Earth, and their di-

* Institute of Geology and Mineral Deposits, Academy of Mining and Metallurgy, 30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30.

stribution between xenoliths and the enclosing rocks permits to make inferences about the process of smelting of basic magmas from the pyrolyth. Consequently, data are obtained for constructing models of the Earth's structure.

The authors have made investigations of the uranium distribution in some basalt samples from Księginki (Lower Silesia) using uranium fission track method. The basalts studied have typical porphyritic textures; their microcrystalline matrix consists of plagioclases, opaque minerals and pyroxenes, with pyroxenes and olivines occurring as phenocrysts. The rocks contain coarse-crystalline olivine-pyroxene-spinel concentrations up to some centimetres in size. As mentioned earlier in this paper, those concentrations may be considered as xenoliths originating from the upper layers of the Earth's mantle (Wyszomirski 1972). They may be also regarded, however, as the material accumulated by gravitational differentiation in the process of fractional crystallization of magma. Since microscopic observations and X-ray examinations had failed to provide convincing evidence suggesting the origin of those coarse-crystalline concentrations, the authors made a preliminary determination of uranium content and distribution in them. Similar investigations were carried out on the phenocrysts embedded in the microcrystalline basalt matrix.

EXPERIMENTAL

Uranium content and distribution were determined by fission track method, described fully by Skowroński (1976). Plastic solid state nuclear track detectors, Polish polyethyleneterephthalate foils Estrofol, were placed firmly against the thin sections of rocks. These sandwiches were irradiated in the 52 channel of EWA-10 reactor with an integral dose of $2.336 \cdot 10^{16}$ thermal neutrons/cm². The standard glass, received from Dr C. W. Naeser via Dr J. Burchart, as well as dolomite, calibrated earlier by the same glass, were used in determination of neutron dose. The detectors were etched after irradiation in 6 n KOH at 60°C for 13 minutes to reveal tracks produced by the neutron-induced fission of ²³⁵U. Then the foils were placed against the thin sections in the same position as they had occupied during irradiation in the reactor (needle signs were utilized). The observations and measurements of uranium content and distribution were made under the optic microscope at magnifications up to 600 ×.

RESULTS

In all the investigated basalt samples a similar track distribution has been noted. Both the single olivine and pyroxene phenocrysts and the coarse-crystalline concentrations of those minerals contain an insignificant amount of uranium compared with the microcrystalline groundmass. The uranium content in pyroxenes and olivines averages 0.030—0.100 ppm, that in spinels is less than 0.005 ppm (uranium content in spinels has not been determined precisely because of too small a dose of thermal neutrons applied during irradiation), whereas the basalt matrix has been found to

contain 3—5 ppm uranium. The density of fission tracks at the phenocrysts/matrix or coarse-crystalline concentration/matrix boundaries varies by about two orders of magnitude (Photos. 1—8). Both in the olivine and pyroxene phenocrysts and in the coarse-crystalline olivine-pyroxene-spinel concentrations, the tracks are scattered (with the dose applied); no concentrations of tracks have been observed. Only zones of secondary alterations, in which olivines underwent serpentinization, are enriched in uranium. They have been found to contain 2.5—3 ppm uranium. The uranium distribution in the basalt groundmass is not very uniform. The lack of thick concentrations of sun-bursts tracks, however, makes it impossible to measure precisely the track density and determine uranium content. On account of the microcrystalline character of the rock matrix, the investigations failed to determine the uranium distribution in it.

DISCUSSION

In olivine and pyroxene phenocrysts of the basalt from Księginki, insignificant amounts of uranium, below 0.1 ppm, have been noted. Uranium content in the microcrystalline rock matrix is higher by about two orders of magnitude. Thus, the enrichment in uranium of the melt, from which the groundmass of basalt crystallized subsequently, with respect to the phases that had crystallized earlier (phenocrysts) is conspicuous. The above results bear out the general tendency of uranium to concentrate in the late-magmatic fractions (e.g. Rogers, Adams 1969; Dostal, Capedri 1975), and are in good agreement with the data obtained for other basalts (Nagasawa, Wakita 1968; Berzina *et al.* 1969).

Uranium contents in olivines and pyroxenes (0.03—0.10 ppm) as well as in spinels (< 0.005 ppm) from the coarse-crystalline concentrations in basalt from Księginki are in accord with those determined for ultrabasic xenoliths that occur in other basalts (e.g. Kleeman *et al.* 1969; Fisher 1970; Berzina *et al.* 1971; Henderson *et al.* 1971; Haines, Zartman 1973, Hamilton 1975). The investigations have failed, however, to show differences in the uranium content and distribution between olivines and pyroxenes from the above concentrations and the olivine and pyroxene phenocrysts in basalt. Yet, it should be taken into consideration that such differences, however insignificant, may exist, but their detection would require irradiation of the rock with a larger dose of neutrons to produce fission of a greater number of ²³⁵U nuclei. Therefore, the results obtained so far give no basis for a discussion on the genesis of the coarse-crystalline concentrations in basalt from Księginki. Whether they are detached xenoliths from the Earth's mantle or the products of gravitational differentiation of minerals during fractional crystallization remains an open question.

The uranium contents given above are for unaltered minerals. In olivines of the coarse-crystalline concentrations in basalt from Księginki which, as has been stated before, are very low in uranium, serpentinized zones markedly enriched in uranium have been observed. Enrichment in uranium of the altered zones in basic and ultrabasic basalts has been reported by, e.g., Berzina *et al.* (1971) and Seitz and Hart (1973). It appears then that metasomatism brings about changes in the content and distribution of uranium in olivines, which may be detected only by fission track or alpha-particles method.

REFERENCES

- [BIERZINA I.G., KRAWCZENKO S.M., GURWICZ M.Y.] БЕРЗИНА И.Г., КРАВЧЕНКО С.М., ГУРВИЧ М.Ю., 1969: Определение концентраций урана и его пространственного распределения в кайнозойских базальтоидах по следам от осколков деления. *Изв. АН СССР* 8, 70—81.
- [BIERZINA I.G., ŁUTS B.G., AKIMOV A.P.] БЕРЗИНА И.Г., ЛУТЦ Б.Г., АКИМОВ А.П., 1971: Содержание и распределение урана в породах глубинных зон континентальной коры и верхней мантии. *Изв. АН СССР, сер. геол.* 1, 14—23.
- DOSTAL J., CAPEDE S., 1975: Partition coefficients of uranium for some rock-forming minerals. *Chem. Geol.* 15, 285—294.
- FISHER D.E., 1970: Homogenized fission track analysis of uranium in some ultramafic rocks of known potassium content. *Geochim. Cosmochim. Acta* 34, 630—634.
- HAINES E.L., ZARTMAN R.E., 1973: Uranium concentration and distribution in six periodite inclusions of probable mantle origin. *Earth Planet. Sci. Lett.* 20, 45—53.
- HAMILTON E.J., 1975: The abundance and distribution of uranium in some oceanic, continental ultramafic inclusions and host basalts. *Chem. Geol.* 16, 221—231.
- HENDERSON P., MACKINNON A., GALE N.H., 1971: The distribution of uranium in some basic igneous cumulates and its petrological significance. *Geochim. Cosmochim. Acta* 35, 917—925.
- KLEEMAN J.D., GREEN D.H., LOVERING J.F., 1969: Uranium distribution in ultramafic inclusions from Victorian basalts. *Earth. Planet. Sci. Lett.* 5, 449—458.
- NAGASAWA H., WAKITA H., 1968: Partition of U and Th between augite and host lavas. *Geochim. Cosmochim. Acta* 32, 917—921.
- ROGERS J.J.W., ADAMS J.A.S., 1969: Uranium. In: *Handbook of Geochemistry*, ed. K.H. Wedepohl, II/1. Heidelberg—New York.
- SEITZ M.G., HART S.R., 1973: Uranium and boron distribution in some oceanic ultramafic rocks. *Earth. Planet. Sci. Lett.* 21, 97—107.
- SKOWROŃSKI A., 1976: Efekty rozszczepienia jąder atomów uranu w minerałach. Studium metodyczne i przykłady zastosowań w geochemii. *Prace Miner.* 46.
- WYSZOMIRSKI P., 1972: X-ray study of olivines from some Lower Silesian basalts. *Miner. Polon.* 3, 73—78.

Andrzej SKOWROŃSKI, Piotr WYSZOMIRSKI

ROZMIESZCZENIE I ZAWARTOŚĆ URANU W BAZALCIE Z KSIĘGINEK, DOLNY ŚLĄSK (WYNIKI WSTĘPNE)

Streszczenie

Autorzy wykonali badania rozmieszczenia i zawartości uranu w bazalcie z Księginek metodą śladów fragmentów rozszczepienia. W mikrokryształicznym bazalcie zbudowanym z obojętnych plagioklazów, minerałów nieprzejrzystych i piroksenów oraz zawierającym prakryształy piroksenów i oliwinów, tkwią grubokryształiczne skupienia oliwinowo-piroksenowo-spinelowe. Mogą one reprezentować materiał porwany przez bazalt z górnego płaszczu Ziemi.

Zawartość uranu w prakryształach oliwinów i piroksenów jest niska i wynosi 0,03—0,10 ppm. Równie mało uranu zawierają oliwiny i pirokseny ze wspomnianych grubokryształicznych skupień, a jeszcze mniej — spinele (0,005 ppm). Mikrokryształiczne tło bazaltów zawiera natomiast 3—5 ppm

uranu, rozmieszczonego niezbyt równomiernie, jednak bez gęstych skupień. Wyniki te wskazują na wzbogacenie w uran stopu magmowego (z którego następnie wykryształizowało ciasto skalne bazaltu) względem wcześniej utworzonych prakryształów. Uzyskane rezultaty nie dają jednak podstaw do dyskusji o genezie grubokryształicznych skupień oliwinowo-piroksenowo-spinelowych (ksenolity z płaszczu czy produkty grawitacyjnego nagromadzenia podczas frakcyjnej krystalizacji). Zawartości i rozmieszczenie uranu w skupieniach grubokryształicznych i prakryształach są bowiem takie same.

W oliwinach grubokryształicznych skupień, które jak już wspomniano zawierają niskie ilości uranu, obserwowano strefy serpentynitowe, wzbogacone w uran (2,5—3 ppm). Wykryto je dzięki zastosowaniu metody radiografii fragmentów rozszczepienia.

OBJAŚNIENIA FOTOGRAFII

- Fot. 1. Rozmieszczenie uranu w bazalcie z Księginek (próbka 224). Ślady fragmentów rozszczepienia jąder ^{238}U zarejestrowane w folii Estrofol. Uran w mikrokryształicznym tle występuje w większej ilości aniżeli w prakryształach piroksenu.
- Fot. 2. Obraz tej samej części skały (jak na fot. 1).
- Fot. 3. Rozmieszczenie uranu w bazalcie z Księginek (próbka 221). Ślady fragmentów rozszczepienia jąder ^{238}U zarejestrowane w folii Estrofol. Uran w mikrokryształicznym tle występuje w większej ilości aniżeli w prakryształach.
- Fot. 4. Obraz tej samej części skały (jak na fot. 3).
- Fot. 5. Rozmieszczenie uranu w bazalcie z Księginek (próbka 222). Ślady fragmentów rozszczepienia jąder ^{238}U zarejestrowane w folii Estrofol. Uran w bazalcie występuje w większej ilości aniżeli w oliwinie z grubokryształicznego skupienia (lewa część zdjęcia).
- Fot. 6. Obraz tej samej części skały (jak na fot. 5).
- Fot. 7. Rozmieszczenie uranu w bazalcie z Księginek (próbka 222). Ślady fragmentów rozszczepienia jąder ^{238}U zarejestrowane w folii Estrofol. Uran w bazalcie występuje w większej ilości aniżeli w oliwinie z grubokryształicznego skupienia (lewa część zdjęcia).
- Fot. 8. Obraz tej samej części skały (jak na fot. 7).

Андрей СКОВРОŃСКИ, Пётр ВЫШОМИРСКИ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ УРАНА В БАЗАЛЬТЕ ИЗ КСЕНГИНЕК, НИЖНЯЯ СИЛЕЗИЯ (ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИТОГИ)

Резюме

Авторы провели исследования распределения и содержания урана в базальте из Ксенгinek методом следов осколков деления. В микрокристаллическом базальте, сложенном нейтральными плагиоклазами, непрозрачными минералами и пироксенами, с фенокристаллами пироксенов и оливинов, находятся крупнокристаллические шпинель-пироксен-оливиновые скопления. Они могут представлять материал, захваченный базальтом из верхней мантии.

Содержание урана во вкрапленниках оливинов и пироксенов низко и составляет 0,03—0,10 миллионных долей. Также мало урана содержат оливины и пироксены, упомянутых крупнокристаллических скоплений, а еще меньше — шпинели (0,005 г/т). Микрокристаллическая основная масса базальта содержит зато 3—5 г/т урана, который распределяется не очень равномерно, однако не образуя частых скоплений. Эти результаты указывают на обогащение ураном магматического расплава, из которого затем кристаллизовалась основная масса (базальта) по отношению к ранее образованным фенокристаллам. Однако, полученные результаты не дают основания для рассуждений о генезисе крупнокристаллических шпинель-пироксен-оливиновых скоплений (ксенолиты мантии или продукты гравитационного накопления в ходе фракционной кристаллизации), поскольку содержание и распределение урана такое же само в крупнокристаллических скоплениях и в фенокристаллах.

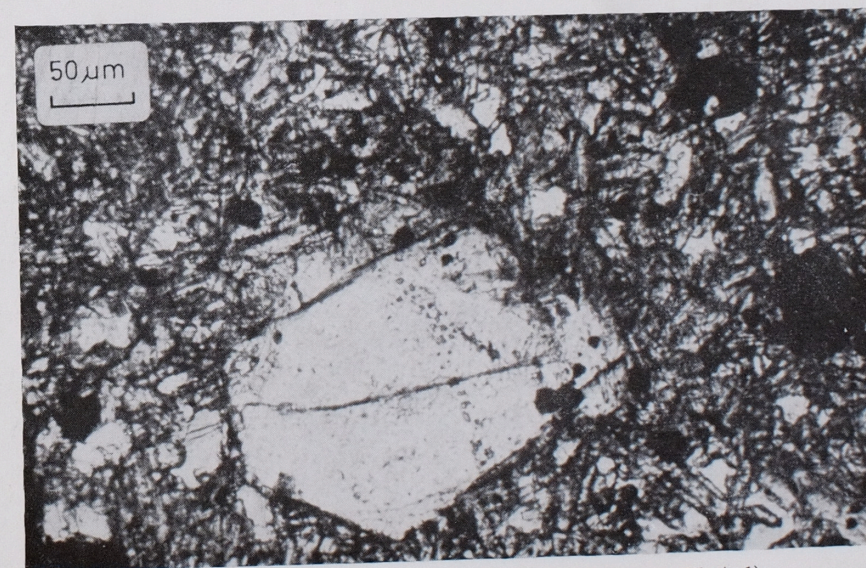
В оливинах из крупнокристаллических скоплений, которые, как выше упоминалось, содержат незначительное количество урана, наблюдались серпентинитовые зоны обогащенные ураном (2,5—3 г/т). Они были обнаружены благодаря применению метода радиографии осколков деления.

ОБЪЯСНЕНИЯ К ФОТОГРАФИЯМ

- Фот. 1. Распределение урана в базальте из Ксенгинек (образец № 224). Следы осколков деления ядер ^{235}U фиксированные пленкой Эстрофоль. Уран в микрокристаллической основной массе присутствует в большем количестве чем в фенокристалле пироксена
- Фот. 2. Изображение того же участка породы (как на фот. 1)
- Фот. 3. Распределение урана в базальте из Ксенгинек (образец № 221). Следы осколков деления ядер ^{235}U фиксированы пленкой Эстрофоль. Уран в микрокристаллической основной массе присутствует в большем количестве чем в фенокристалле пироксена
- Фот. 4. Изображение того же участка породы (как на фот. 3)
- Фот. 5. Распределение урана в базальте из Ксенгинек (образец № 222). Следы осколков деления ядер ^{235}U фиксированы пленкой Эстрофоль. Уран в базальте присутствует в большем количестве чем в оливине из крупнокристаллического скопления (левая часть снимка)
- Фот. 6. Изображение того же участка породы (как на фот. 5)
- Фот. 7. Распределение урана в базальте из Ксенгинек (образец № 222). Следы осколков деления ядер ^{235}U фиксированы пленкой Эстрофоль. Уран в базальте присутствует в большем количестве чем в оливине из крупнокристаллического скопления (левая часть снимка)
- Фот. 8. Изображение того же участка породы (как на фот. 7)

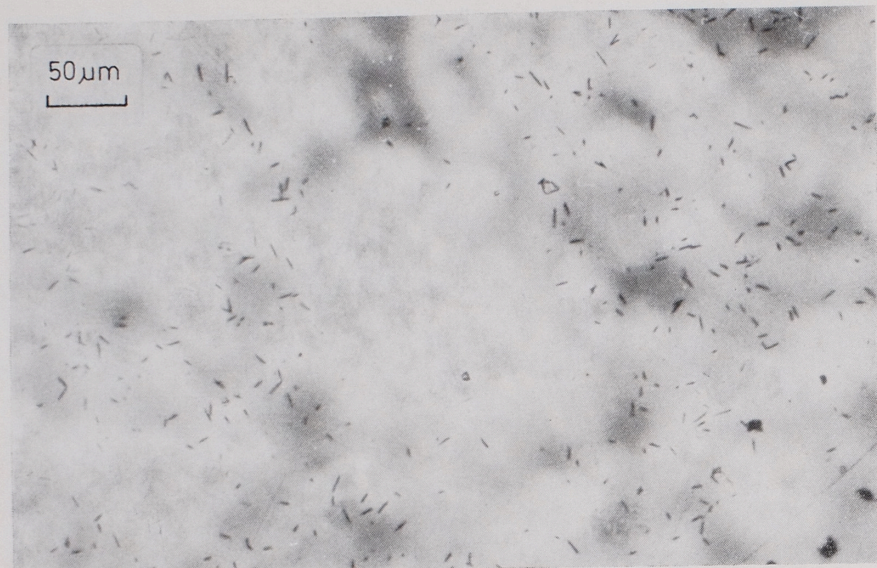


Phot. 1. Uranium distribution in basalt from Księginiki (sample 224). Fission fragment tracks of ^{235}U nuclei recorded in Estrofol foil. Uranium content in microcrystalline matrix is higher than in pyroxene phenocryst

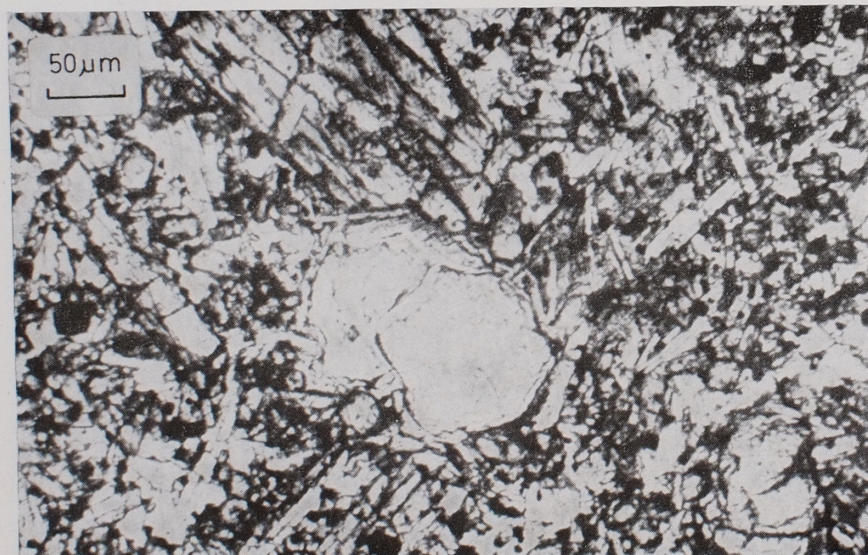


Phot. 2. Corresponding rock surface (explanation see Phot. 1)

Andrzej SKOWROŃSKI, Piotr WYSZOMIRSKI — The content and distribution of uranium in basalt from Księginiki, Lower Silesia

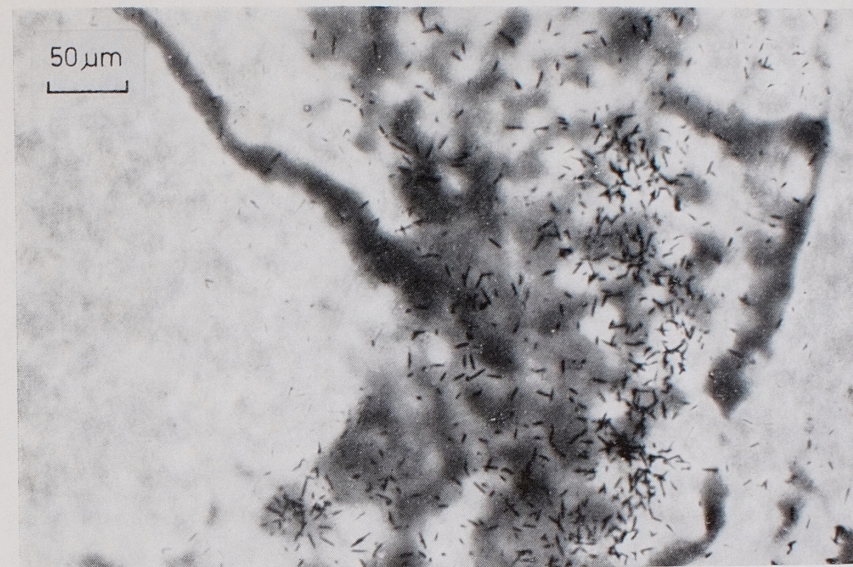


Phot. 3. Uranium distribution in basalt from Księginki (sample 221). Fission fragment tracks of ^{235}U nuclei recorded in Estrofol foil. Uranium content in microcrystalline matrix is higher than in phenocryst

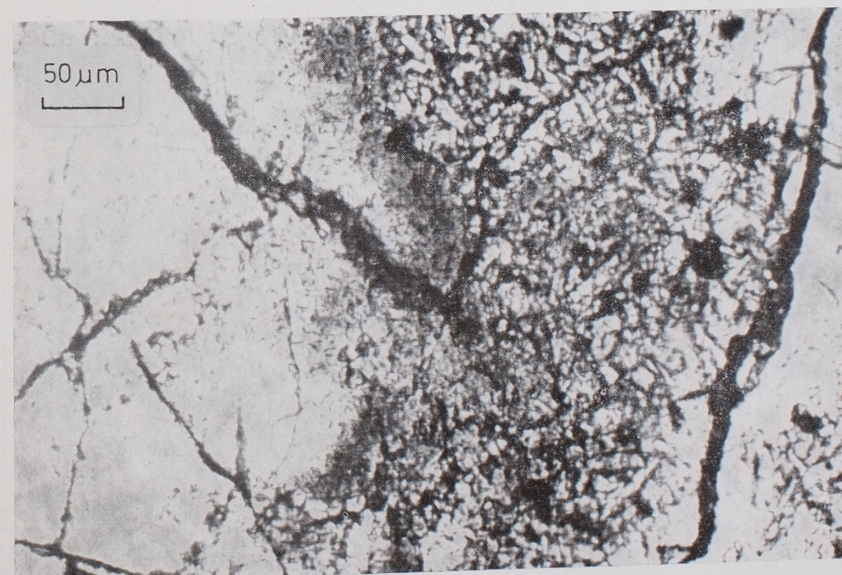


Phot. 4. Corresponding rock surface (explanation see Phot. 3)

Andrzej SKOWROŃSKI, Piotr WYSZOMIRSKI — The content and distribution of uranium in basalt from Księginki, Lower Silesia

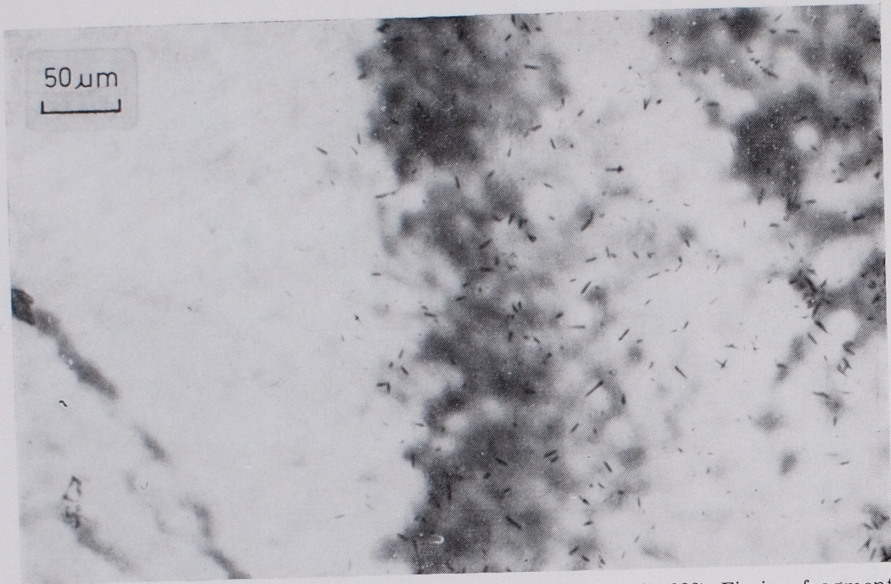


Phot. 5. Uranium distribution in basalt from Księginki (sample 222). Fission fragment tracks of ^{235}U nuclei recorded in Estrofol foil. Uranium content in basalt is higher than in olivine from coarse-crystalline concentration (left part of Photo)

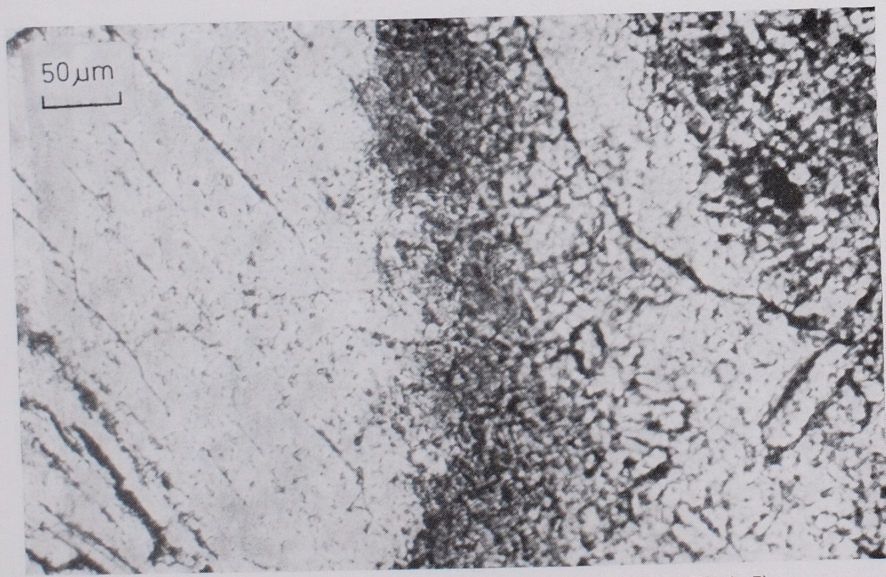


Phot. 6. Corresponding rock surface (explanation see Phot. 5)

Andrzej SKOWROŃSKI, Piotr WYSZOMIRSKI — The content and distribution of uranium in basalt from Księginki, Lower Silesia



Phot. 7. Uranium distribution in basalt from Księginki (sample 222). Fission fragment tracks of ^{235}U nuclei recorded in Estrofol foil. Uranium content in basalt is higher than in olivine from coarse-crystalline concentration (left part of Photo)



Phot. 8. Corresponding rock surface (explanation see Phot. 7)

Andrzej SKOWROŃSKI, Piotr WYSZOMIRSKI — The content and distribution of uranium in basalt from Księginki, Lower Silesia