Uut aluspõhjakivimite vanusest

Enn Pirrus

Maa geoloogilise arengu tundmaõppimisel on kivimikomplekside vanuse määramine möödapääsematu vahelüli. Võib liialdamata öelda, et see on ühtlasi ka geoloogiateaduse üks nurgakivi. Seda ülesannet teenima on seatud geoloogia haruteadus — stratigraafia — ja sellest viimasel sajandil pungunud täppisteadustele lähenev distsipliin — geokronoloogia.

Siiski ei juurdle geoloogiline argipäevatöö enamasti kivimite vanuseprobleemi kallal, sest üldiselt (alates vanaaegkonna settekivimitest) piisab täiesti nn. suhtelisest geokronoloogiast — kivistunud organismi jäänuste põhjal määratavatest vanusesuhetest. Seda tehakse rohkete käsiraamatute ja fossiilide määrajate abil vastavalt geoloogilisele ajaskaalale. Viimane on jaotatud aegkondadeks, ajastuteks, ajastikeks, ajajärkudeks, igadeks ja veelgi väiksemateks üksusteks.

Niisugune käsitlusvõimalus hõlmab siiski vaid viimase 600 miljoni aastase lõigu Maa ajaloost, mil skeletti moodustavad loomorganismid jätsid geoloogilisse ajaraamatusse püsivaid jälgi. Paraku on see periood lühem kui kuuendik Maa teadaolevast geoloogilisest ajaloost ja nii jätavad paleontoloogilised leiud dateerimata kivimid ürg- ja aguaegkonnast. Tõsi küll, vetikastruktuuride uurimine viimastel aastakümnetel on piiri mõnevõrra allapoole nihutanud, kuid leidude hõreduse ja suure juhuslikkuse, halva säilivuse ning vetikafloora aeglase evolutsiooni tõttu on sellele meetodile rajanevad määrangud sageli veel vaieldavad.

Vanemate kivimikomplekside juures tuli abimeheks aga isotoopide uurimine. Eeldusel, et radioaktiivsete elementide poolestusaeg on kogu Maa ajaloo kestel püsinud muutumatuna, annavad lagunevate isotoopide ja nende lõpproduktide omavahelised suhtvahekorrad kindla tekkemomendiga mineraalis või kivimis võimaluse määrata uuritava objekti vanust arvudes, teinekord aastatuhandete täpsusegagi. Tarvis on vaid määrata nii veel lagunemata kui ka kivimis tekkinud uue isotoobi täpne sisaldus, muidugi eeldusel, et viimane pole uuritavast objektist lahkunud. Eri isotoobipaaride uurimise alusel ongi tehtud juba väga rohkesti dateeringuid, on jätkatud ka maakoore vanimate kivimite otsinguid. Nimetatud metoodilistest võtetest ja tulemustest võib leida lugemist ka meie ajakirjas (EL 1962, nr. 2, lk. 72—75; EL 1974, 9, lk. 542; EL 1975, 2, lk. 106; EL 1976, 4, lk. 250; EL 1977, 8, lk. 531—532).

Isotoopmäärangute suur täpsus ja üllatavad tulemused vanade magma- ja moondekivimite kohta tõid kaasa niisuguse innustumise sellest metoodikast, et andmestikku ennast hakati nimetama koguni **absoluutseks geokronoloogiaks.** Dateeringute arvu suurenemisega kaasnes aga ka mõningane pettumus. Selgus, et paljudel juhtudel saadakse ühest ja samast kivimikompleksist eri meetoditega vastuolulisi andmeid, teinekord osutusid isotoopmäärangud tublisti «noorendatuks» jne. Loomulikult on sellelgi meetodil omad puudused, mis sõltuvad peamiselt uuritava objekti valikust ja sealt kõigi laguproduktide kättesaamisest. Seetõttu on ka radioaktiivsed meetodid Maa kivimite määramisel siiski vaid ligilähedased ja nii on nende puhul viimastel aastatel käibele tulnud *absoluutsest vanusest* hoopis vähem pretensioonikas *isotoopvanus* või *radioloogiline vanus.*

Kuigi isotoopgeoloogilised määramisvõtted omandasid esmatähtsuse peamiselt magma- ja moondekivimite uurimisel, muutusid nad peatselt abimeesteks ka settekivimite uurijatele ja mis peamine — võimaldasid siduda kogu paleontoloogilise andmestiku arvulise geokronoloogiaskaalaga. Saavutati see mitmel teel. Esmalt saadi vastavad andmed nende settekomplekside kohta, millesse olid tunginud magmakivimite sooned või väiksemad massiivid või mis vaheldusid magmatekkeliste laavakatetega. Settekivimite vanusesuhe magmakivimitega määrati lasumusvahekorra alusel, otsesed isotoopmäärangud tehti aga just magmakivimites toimunud kristallisatsiooniprotsessidele tuginevalt. Hiljem hakati isotoopvanust määrama ka settekivimites endis tekkinud kaaliumirikaste mineraalide põhjal, nagu glaukoniit, vulkaanilisest tuhast merevees kujunenud savimine-

raalid, mõned vilgutüübid jne. Siiski on otsesed määrangud settekivimitest osutunud väheusaldatavaks ja vajavad alati kontrollimist teiste uurimisvõtetega. Otsingud selles valdkonnas jätkuvad.

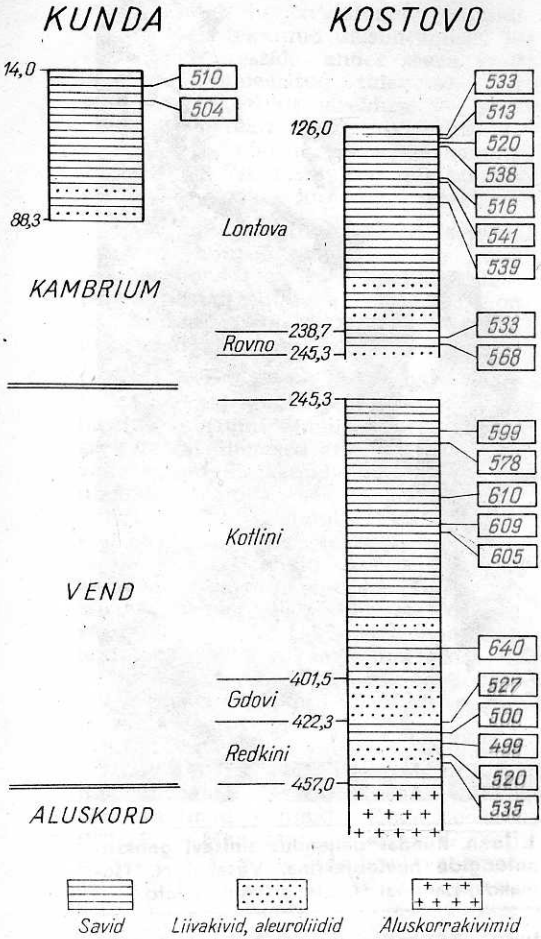
Senised määrangud Eesti kivimeist. Meie rohkearvulised radioloogilised määrangud pärinevad peamiselt settekivimitest sügavamale jäävaist aluskorrakivimeist. Vastav andmestik on ka üldistatud (Puura, 1974; Puura jt., 1974). Settekivimite määrangud on põhiliselt alamordoviitsiumi glaukoniidist, mis on andnud tulemuseks arve 360—470 miljoni aasta piires (Polevaja, 1961; Afanasjev ja Zõkov, 1975; Malõševa jt., 1975). Hea kättesaadavuse tõttu on sellest glaukoniidist võetud proove paljudesse uurimislaboratooriumidesse ning kõigi dateeringute arvelevõtt ja kriitiline analüüs pole praegu sugugi lihtne. Siiski näitab teadaolevategi dateeringute suur kõikuvus, samuti nende süstemaatiline kaldumine mujal määratud alamordoviitsiumi piirist (490—500 miljonit aastat) tunduvalt noorema suunas, et meie glaukoniidi K-Ar suhte põhjal tehtavad dateeringud pole geoloogilisteks järeldusteks eriti usaldusväärsed. Hoopis täpsemalt määravad tema kuulumise alamordoviitsiumisse paleontoloogilised leiud!

Teised glaukoniidi uuringud tehti autori osavõtul meie alamkambriumi läbilõikest kogutud proovidest — kahest glaukoniidirikkast aleuroliidiläätsest Lükati kihistust. Proove uuriti Leningradis Üleliidulises Geoloogia Teadusliku Uurimise Instituudis. Üks neist osutus dateeringuks kõlbmatuks, teisest saadi tugevasti «noorendatud» arv — 463—475 miljonit aastat, mis vastab keskordoviitsiumile. Samavõrra noorendatuks (475 miljonit) osutus teinegi Kunda lükati glaukoniidikuhje määrang Moskva uurijate poolt (Malõševa jt., 1975). See näitab, et kambriumi savide ja liivakivide glaukoniitki pole eriti perspektiivne vastavate kihtide vanusesuhete selgitamiseks. Siiski on Leningradi oblastist ja Valgevenest saadud ka kambriumi sinisavilasundi allosa glaukoniidist üsna sobivaid dateeringuid 509—540 miljoni aasta[1] piires (Polevaja ja Kazakov, 1961; Garris jt., 1964; Firsov jt., 1971), mis on märksa paremas kooskõlas teadaoleva ajaskaalaga.

[1] Võrreldes algallikas toodud tulemustega on arvud antud ümberarvestuskoefitsiendiga parandatud kujul — vastavalt Rahvusvahelise Geokronoloogia Alamkomisjoni soovitusele (Steiger ja Jäger, 1977).

Kõrvuti määrangutega glaukoniitidest on viimasel ajal samal meetodil püütud saada vanusearve ka kaaliumirikaste savimineraalide alusel. Leningradi oblasti ja Eesti sinisavilasundi (Lontova ja Lükati kihistu) uurimisel saadi arvud 506—604 miljonit aastat (Firsov jt., 1971), mis annavad küll tunduvalt suuremad piirid kui glaukoniidi puhul, kuid ei kaldu viimastest oluliselt kõrvale. Savimineraalide kujunemise aeg on aga märksa ebamäärasem. Kui glaukoniit sünteesus vaieldamatult meres, siis osa savimineraale kujunes kahtlemata juba ümbritseval mandril murenemisprotsesside tagajärjel, osa aga veel tunduvalt hiljemgi, pärast settematerjali kuhjumist kulgevates kivistumisprotsessides. Et uurimiseks võetakse nende eritekkelíste mineraalosakeste kogum, on tulemused mõistetavalt ebastabiilsemad ja laialivalguvamad.

Uued andmed. Tulemuste ebakindlusele vaatamata on viimastel aastatel settekivimite isotoopvanuse uurijate peatähelepanu pööratud just savimineraalidele. Traditsioonilise K-Ar meetodi kõrval on siin otsustavaks saamas Rb-Sr meetod, mille põhiolemus seisneb selles, et savimineraalidesse satub koos kaaliumiga mereveest ka väikestes kogustes rubiidiumi, mis fikseerub nende mineraalide struktuuris. Üks rubiidiumi isotoope, nimelt Rb^{87} on radioaktiivne ja läheb püsiva kiirusega üle strontsiumi isotoobiks massiarvuga 87. Nende komponentide hulga ülitäpne määramine savimineraalides ongi vanuse arvutamise alus. Tehnilised vahendid nendeks määranguteks on tänapäeval kättesaadavad siiski vaid vähestele uurimisasutustele. Seepärast sõlmiti hiljuti ka Nõukogude Liidu ja Prantsuse teadusasutuste vahel koostöökokkulepe eesmärgiga uurida meetodi rakendusvõimalusi just kambriumieelsetest metamorfismiprotsessidest vähemõjutatud savilasundites. Need on aga levinud laialdaselt Nõukogude Liidu Euroopa-osas, mistõttu materjali kogumist alustatigi siit. Esimesed objektid olid Eesti ja Leningradi oblasti lääneosa savilasundid, kus kihid on hästi kättesaadavad ja mineraloogilises, stratigraafilises, tekkeloolises ning paleogeograafiliseski mõttes paremini uuritud kogu maailmas. Nii saabusidki meie vabariiki 1977. a. töö vastutavad täitjad N. Tšumakov Moskvast ja N. Clauer Prantsusmaalt — Strassbourgi L. Pasteuri nimelise Ülikooli Geoloogia Instituudist. Uuringute tarvis sobivateks valiti klassikaline sinisavilasund Kundas, mis on kogu Ida-Euroopa platvormil eraldatava Lontova lademe tüüpläbilõige, ja Kostovo puur-



1. joon. Uuritud läbilõiked uute Rb-Sr dateeringutega.

südamik Leningradi oblastist, mis säilitatakse platvormi ühe tugiläbilõikena ENSV TA Geoloogia Instituudi Särghaua välibaasis. Kostovo läbilõige haarab peale Lontova veel Rovno lademe kihid, samuti sügavamale jäävad juba vendi kompleksi kuuluvad Kotlini ja Redkini lademe savilasundid. N. Claueri soovitatud metoodika järgi kogutud ja ettevalmistatud proovid analüüsiti Leningradis NSVL TA Eelkambriumi Geoloogia ja Geokronoloogia Instituudi laboratooriumis I. Gorohhovi juhtimisel. Siit saadi üle 20 uue dateeringu (1. joon.). Ehkki tulemused on esialgsed ega ole veel saanud lõplikku hinnangut, andsid nad ootamatult loogilise arvude rea, mis lubab, vähemasti autori arvates, teha mõnedki huvitavad geoloogilised järeldused.

Määrangute usaldatavusest. Nagu jooniselt näha, suurenevad Kostovo läbilõikest tehtud määrangud alates sinisavilasundi ülaosast kuni Kotlini savide alumiste kihtideni üsna sujuvalt ja hõlmavad piirväärtuste 513—640 vahele jääva, 127 miljoni aastase ajalõigu. Sellesse ajavahemikku mahub täpsustatud hinnangute alusel ka kambriumi ja eelkambriumi piir — 570 miljonit aastat. Niisiis seostub saadud andmestik üldistes joontes oodatuga ja sisendab lootust, et sellised kaaliumirikastest hüdrovilkudest koosnevad savid on vanusedateeringuteks sobivad kogu Ida-Euroopa platvormil.

Ootamatult käituvad aga neist sügavamal lasuvad redkini eal moodustunud savid, mis kõigis proovides andsid tugevasti noorendatud, kambriumi ülemistele osadele vastavaid vanuseid — 500—535 miljonit aastat. Milles põhjus, on raske öelda. Ilmselt oli redkiniaegses settimisbasseinis tavapärane K-Rb geokeemiline tasakaal mingil põhjusel häiritud, mis ei luba Rb-Sr isotoopvahekorda võtta siin vanusemääramise aluseks. Võimalik, et selles on süüdi vulkanogeense materjali — lendtuha — vahekihid, viimase hajusast lisandist rääkimata. Igal juhul on need dateeringud ekslikud ja tuleb jätta edasistest vaatlustest välja (joonisel on nad esitatud rohelise värviga).

Ülejäänud proovid on võetud mitme rühmana, sageli lähedastest proovitasemetest, mis võimaldavad hinnata nii määrangute kõikuvust kui ka nende viga (rühmade keskmise suhtes umbes ±12—15 miljonit aastat).

Kihtide rööbistamine. Arvud näitavad, et Lontova kihistusse kuuluva sinisavilasundi vanus on uuritud läbilõigetes mõneti erinev. Kui Kundas kaevandatava lasundi ülaosa kaks proovi annavad keskmiseks vanuseks 507 miljonit aastat, siis temast 200 km ida pool paikneva Kostovo puursüdamiku kolm kõrgemat dateeringut annavad selleks 522 miljonit aastat. Seega peavad sinisavilasundi ülemised kihid meie vabariigis olema nooremad kui samad Leningradi oblastis, mis on heas kooskõlas ka muude geoloogiliste andmetega. Nii on meie läbilõike ülemisest osast leitud mitmeid juhtkivistisi (*Platysolenites lontova, P. spiralis, Aldanella kunda*), mis idapoolsetes läbilõigetes on teadmata. Ka on meie läbilõikes olulisi erinevusi pehmekehaliste mudaorganismide elutegevuse jälgedes. Arvestades seda ja Leningradi ning Pihkva oblasti sinisavidel lasuvat ulatuslikku murenemiskoorikut, võib arvata meie Lontova kihistu läbilõike ülemise osa kõige täielikumaks Ida-Euroopa platvormil. Tuleb pealegi arvestada, et dateeritud proovid võeti Kunda nn.

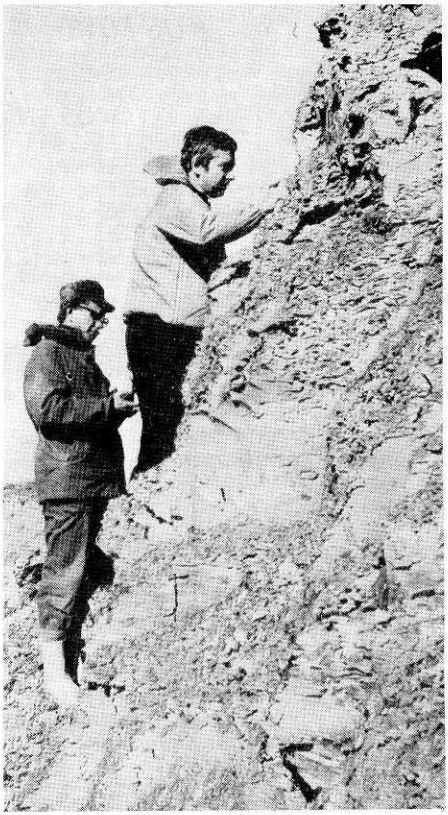
alumisest karjäärist, mis jääb kihistu ülapiirist 10—15 m allapoole, ja ka seda, et Kunda profiilis puudub Lääne-Eestile omane umbes 10 m paksune Tammneeme kihistik. Nii võime üsna julgelt väita, et Kostovo läbilõikes puudub vähemalt 10 miljoni aastasele ajalõigule vastav kihistu ülaosa.

Niisugune arutelu viibki järgmisele probleemile.

Lünkade kestuse määramine. Leitud vanuste valgusel saab selgemaks ka kambriumi vanima, Rovno lademe olemus Balti kilbi lõunanõlval. Teatavasti see lade Eestis peaaegu puudub, kuid Kostovo puuraugus on ta mikrofossiilide uurimise andmeil esindatud mõnemeetrise kihina, paksenedes siit pidevalt nii ida kui ka lõuna suunas: stratotüüpsel alal Ukrainas on lademe paksus 52,7 meetrit. Kuid Kostovo puurauguski on vendi ja kambriumi piiril setetega esindamata lünk, mis hõlmab suurema osa Rovno lademetele vastavast sedimentatsiooniperioodist. Lontova ja Rovno lademe dateeringute keskmise väärtuse ja vendi praegu oletatava piiri — 570 miljonit aastat (Afanasjev ja Zõkov, 1975) — põhjal saame Rovno eale vastavaks ajalõiguks ligikaudu 25 miljonit aastat. Settelünk Kostovo läbilõikes haarab sellest ligikaudu 20 miljonit aastat. Eesti alal, kuhu kambriumi meri jõudis märksa hiljem, on see lünk veelgi suurem, ulatudes tõenäoliselt 30 miljoni aastani.

Settimiskiiruste hindamine. Olles määranud lademete tõenäolised ajapiirid (Lontova 515—545, Rovno 545—570, Kotlini 570—640), pole raske settekehade paksuste alusel välja arvutada keskmisi settimiskiirusi eriaegsetes meredes. Nii saaksime sinisavilasundi kuhjumise tempoks Lontova eal ligikaudu 4,5 cm 10 000 aasta kohta, Rovno eal kuhjunud mõnevõrra aleuriidi- ja liivarikkamate setete kohta aga 2,1 cm 10 000-aastasel lõigul. Tulemus on mõneti paradoksaalne, sest liiva-aleuriidi ladestumine on alati kiirem saviosakeste settimisest. Ent see-eest oli Lontova eal protsess valdavas osas pidev — siit ka kihilisuse puudumine savis — ainult selle alguses ja lõpus oli settimine rahutum ja lünklikum, millest annavad tunnistust lasundi all- ja ülaosas leiduvad liiva ja aleuroliidi vahekihid. Rovno eal oli settimine seevastu märksa katkendlikum — kujunenud kihte sagedasti kulutati ja setitati ümber, mille tõttu lademe paksus on jäänud väiksemaks ning keskmine settimiskiirus on olnud näiliselt väiksem.

Peenekihilise tekstuuriga Kotlini kihistu savide settimiskiiruse hindamine on praeguste dateeringute alusel mõnevõrra raskem. Alumine piirväärtus — 640 miljonit aastat — ei sisenda üksikuna erilist usaldust. Seda ignoreerides saaksime Kotlini savilademe ajapiirideks tõepärasemana tunduva 590—610 miljonit aastat. Sel juhul oleks settimiskiirus 7,2 cm 10 000 aasta kohta, mis ületab Lontova savide näitaja peaaegu kaks korda. See on kooskõlas Kotlini kihistus jälgitava väljapeetud peenkihilisusega, samuti rohkete libisemisrikete olemasoluga: Kotlini lasund kujunes Lontova omast võrratult rahutumaveelises keskkonnas. Kui võtame aga aluseks Kotlini savide peene kihilisuserütmika ning samastame ühest savi- ja aleuroliidikihist koosneva kihipaari aastase tsükli vältel kujunenud kihiga, nagu seda tehakse hilisjääaegsete viirsavide puhul, saame hoopiski suuremad kiirused. Sellisel juhul võis kogu Kotlini hiiglaslik savilasund moodustuda vaid 3—4 miljoni aasta jooksul (dateeringute järgi kulus selleks 20—50 miljonit aastat). Võimalik, et tõde ongi sellisele arvutusele lähemal, sest isotoopdateeringutega antud ajava-



2. joon. Kundas paljanduv sinisavi geokronoloogide huviobjektina. Vasakul N. Tšumakov, paremal N. Clauer. Autori foto.

hemik jätab ju arvestamata lasundi kujunemisel tekkinud ülesuhtumised ja ärakandeprotsessid, andes seega vaid lõpliku, summeeritud tulemuse. Siit saab teha õpetliku järelduse — isegi savisetete näivalt pideva settimisprotsessi taustal võivad jääda märkamata hiiglaslikud settimislüngad, mis hõlmavad vahel koguni kuni 90 % ajast.

Nagu näha, tekitavad uued isotoopvanused mitmeid arutelusid. Ja kuigi see või teine arv võib osutuda edaspidistel kontrollimistel ekslikuks, on neil rajanev ajalõikude suhteline hinnang märksa püsivama väärtusega.

Kuigi Kunda ja Kostovo läbilõigete kohta toodud uus arvandmestik sobib hästi kambriumi alumise piirväärtusega, jätavad ülemised arvväärtused liiga vähe ruumi ülejäänud alam-, kesk- ja ülemkambriumile — kõigest 15—20 miljonit aastat. Tundub, et saadud arvud on piki ajatelge siiski ülearu «välja venitatud», ehkki alamkambriumi kestus ajastu muude osade suhtes on teistegi geoloogiliste andmete põhjal väga pikk. Antud läbilõikes on aga ju tegemist vaid alamkambriumi osaga — ainult Lontova ja Rovno lademega! Tuleb niisiis veel kord rõhutada toodud isotooparvude tinglikkust.

KIRJANDUS: Calder, N., 1977. Rahutu Maa, 8. Eesti Loodus, 8. — Jälle Maa vanimad kivimid. Eesti Loodus, 1976, 4. — Maa vanimad kivimid. Eesti Loodus, 1974, 9. — Maa veel vanemad kivimid. Eesti Loodus, 1975, 2. — Raukas, A., 1962. Kivimite ja Maa vanuse määramise võimalustest. Eesti Loodus, 2. — Steiger, R. H., Jäger, E., 1977. Subcomission on geochronology: convention of the use of decay constants in geo- and cosmochronology. Earth Planet. Sci. Letters, 36, 3. — Афанасьев Г. Д., Зыков С. И. 1975. Геохронологическая шкала фанерозоя в свете новых значений постоянных распада. М. — Гаррис М. А., Казаков Г. А., Келлер Б. М., Полевая Н. И., Семихатов М. А. 1964. Геохронологическая шкала верхнего протерозоя (рифей и венд). Междунар. геол. конгр., 22 сессия. Докл. сов. геол. Пробл., 3. Абсолютный возраст геологических формаций. М. — Малышева Т. В., Казаков Г. А., Сатарова Л. И. 1975. Степень пригодности глауконитов для определения абсолютного возраста K/Ar методом по данным Мессбауэровской спектроскопии. В кн.: Состояние методических исследований в области абсолютной геохронологии. М. — Полевая Н. И. 1961. Шкала абсолютной геохронологии по глауконитам. Вопросы геохронологии и геологии. Тр. Лабор. геол. докембрия, 12. Л. — Полевая Н. И., Казаков Г. А. 1961. Возрастное расчленение и корреляция древних немых отложений по отношению Ar/K в глауконитах. Тр. Лабор. геол. докембрия, 12. Л. — Пуура В. 1974. K-A изотопный возраст пород кристаллического фундамента Северной Прибалтики. Изв. АН ЭССР. Химия. Геология, 23, 1. — Пуура В., Мурина Г., Миркина С. 1974. Возраст порфировидных гранитов рапакиви Северной Эстонии по данным стронциевого и свинцового методов. Изв. АН ЭССР. Химия. Геология, 23, 1. — Фирсов Л. Н., Николаева И. В., Лебедев Ю. Н., Солнцева С. М. 1971. Состав, происхождение и абсолютный возраст слюдистых минералов синих глин нижнего кембрия Прибалтики. В кн.: Глауконит в современных, нижнепалеозойских и докембрийских отложениях. М.