

<https://doi.org/10.3176/hum.soc.sci.1961.2.02>

EESTI NSV FOSFORIIDIVARUDE KASUTAMISE MAJANDUSLIKU TASUVUSE MÄÄRAMISE METOODIKA

K. HABICHT

Seoses Eesti NSV fosforiidileiuohtade geoloogia põhjalikuma uurimise ja meie fosforiiditööstuse väljaarendamisega, mis varustab fosforväetistega nii Eesti NSV kui ka teiste Balti liiduvabariikide, Leningradi, Kaliningradi ja Pihkva oblasti ning Valgevene NSV põllumajandust, on teravalt esile kerkinud vajadus kindlaks määrata, milliseid meie vabariigis esinevaid fosforiidimaagi varusid on majanduslikult otstarbekas kasutada fosforväetiste tootmiseks, s. t. millised neist on konditsioonilised.

Eesti NSV maapõues leiduv fosforiit esineb ordoviitsiumil elanud käsiljalgsete (*Brachiopoda*) hõimkonda kuuluvate mereloomakeste fosforhapust kaltsiumist kodade kivististe näol oobolus-liivakivis, kus need kujud paiknevad kas konglomeraadina või detriidina. Konglomeraadis on nad suhteliselt hästi säilinud ning vastavate kihtide P_2O_5 -sisaldus kõigub enamasti 10—15% vahel. Detriidikihi P_2O_5 -sisaldus on 4—6%. Fosforiidilademed asuvad Eesti NSV põhjarannikul Paldiskist Narvani ja jätkuvad ka Leningradi oblastis.

Eesti NSV fosforiidilademed koosnevad ühest kuni kolmest konglomeraadikihist ja neist kõrgemal asuvast detriidikihist. Kõiki neid kihte eraldab üksteisest väikese, tavaliselt 1—3%-lise P_2O_5 -sisaldusega oobolus-liivakivi. Konglomeraadikihtide summaarne paksus ulatub paarikümnest sentimeetrist kuni ühe meetrini, detriidikihi keskmine paksus on pool meetrit. Et ka nendevahelise oobolus-liivakivi kihtide paksus on erinevates leiukohtades erinev, tuleb iga leiukoha puhul eraldi otsustada, kas konglomeraadikihi või -kihtide kaevandamine on tasuv koos detriidikihi ja vahepealsete oobolus-liivakivi kihtidega või ilma. Kaevandatavate maagikihtide kompleksi paksus ulatub esimesel juhul 3—4 meetrini, teisel juhul aga langeb kohati paarikümne sentimeetrini. Keskmine P_2O_5 -sisaldus on vastavalt 4—5% ja 10—15%.

Praktiliselt horisontaalsel oobolus-kompleksil lasuvate kattekihtide paksus ulatub 5—30 meetrini ja mõjutab määravalt fosforiidimaagi kaevandamisviisi valikut, seda, kas karjääriviisiline kaevandamine on tasuv või ei ole.

Fosforiidimaagi konditsioonilisuse määramise meetodi väljatöötamine ja rakendamine kindlustaks küllaltki suurte summade kokkuhoiu, kuna jääksid ära asjatud mittekonditsiooniliste kihtide geoloogilised uurimistööd ja projekteerimisinstituutides maagi erinevate kaevandamisviiside võrdlemiseks kasutatavate projektülesande variantide koostamine.

Fosforiidimaagi konditsioonilisuse määramise teoreetilised alused

Oobolus-fosforiiti kaevandatakse Eesti NSV-s praegu ainult Maardu leiukohas ja ainult fosforiidijahu tootmiseks.¹ Fosforiidimaagi konditsioonilisuse määramise meetod peab aga olema rakendatav ka siis, kui meie fosforiidimaagist hakatakse tootma ka teisi fosforväetisi (termofosfaadid, topeltsuperfosfaat) ja kui maagi kaevandamise, rikastamise ja töötlemise tehnoloogia täiustamine muudab tasuvaks praegu veel mittekasutatavate maagikihtide tööstusliku kasutuselevõtu.

Seega peab fosforiidimaagi konditsioonilisuse määramise meetod arvestama

- 1) fosforiidimaagi kaevandamise kulused,
- 2) fosforiidimaagi rikastamise kulused,
- 3) fosforiidimaagi rikastamisel saadud kontsentraadi edasise töötlemise kulused ja

4) seda, et fosforiidikontsentraadi töötlemisel saadava toote omahind õigustaks majanduslikult selle toote valmistamist.

Millised on siis Eesti NSV-s esinevate fosforiidikihtide ja kattekihtide muutuvad omadused, mis põhiliselt määravad maagi kaevandamise ja rikastamise kulude ning kontsentraadi töötlemise kulude suurenemise või vähenemise. Teiste sõnadega: millistest fosforiidi- ja kattekihtide omadustest sõltub mingi maardla eksploateerimise majanduslik otstarbekus, selle maardla fosforiidimaagi konditsioonilisus.

Fosforiidimaagi kaevandamise kulud on nii maa-alusel kui ka lahtisel kaevandamisel seda väiksemad, mida paksem on maagikiht, ja seda suuremad, mida paksemad on kattekihid. Kattekihtide paksus avaldab mõju eriti fosforiidimaagi lahtisel kaevandamisel; maa-aluse kaevandamise puhul olenevad temast ainult ventilatsiooni-, veekõrvaldus- ja maagi transpordi või tõste kulud.

Peale selle on ühe tonni fosforiidimaagi kaevandamisomahind pöörvõrdeline maagitoodangu suurusega allmaakaevanduses ja kogu kaevandatava ja kõrvaldatava mäemassi kogusega lahtises kaevanduses (karjääris), alanedes kaevanduse toodangu suurenemisel tinglikult püsivate kulude arvel. Kui toodetava fosforväetise P_2O_5 -sisaldus ja toodangu plaan on ette kindlaks määratud, tuleb fosforiidimaagi kaevandada (ja rikastada) seda rohkem, mida väiksem on tema P_2O_5 -sisaldus. Maagitoodangu kasv toob kaasa maagitonni omahinna teatud languse. Siiski on P_2O_5 -sisalduse erinevusest tingitud fosforiidimaagi ühe tonni kaevandamisomahinna muutumine meie fosforiidimaardlate tingimustes suhteliselt väike. Nagu omahinna paranduskoefitsientidega² tehtud arvutused näitavad, jääb see vaid $\pm 5\%$ piiridesse. Seega ei kuulu fosforiidikihi P_2O_5 -sisaldus meie oludes maagi kaevandamisomahinda määravate põhitegurite hulka.

Fosforiidimaagi karjääriviisilisel kaevandamisel on olemas maagi kaevandamisomahind ka kattekihtide kõvadusest. Kõvemate kattekihtide kõrvaldamine nõuab suuremaid kulusid peamiselt puurimis- ja lõhkamistöõde osas. Kõigis Eesti NSV fosforiidimaardlates aga on kattekihtide geoloogiline profiil peaaegu ühesugune: oobolus-liivakivi kompleksil lasuvad diktüoneemakilt, glaukonitliivakivi, seejärel lubjakivide lademed ja kõige pealmisena kvaternaarladestu. Järelikult on erinevused fosforiidimaagi

¹ Meie fosforiidijahu kasutatakse kas otseselt fosforväetisena või — väiksem osa — kaubastatakse segus superfosfaadiga (kaalulises vahekorras 1:1) fosfaatsegu nime all.

² Перспективы открытой добычи игля в СССР. Москва, 1958, lk. 39.

katvate kivimite kõvaduses väheolulised ega põhjusta kattekihtide kõrvaldamise kulude kuigi suuri kõikumisi leiukohtade kaupa.

Põhilisteks muutuvateks mäenduslikeks-geoloogilisteks teguriteks, mis meie vabariigi oludes määravad fosforiidimaagi kaevandamisomahinna tõusu või languse ühes või teises maardlas, on seega siis kaevandatava maagikihtide kompleksi enese ja teda katvate aherainekihtide paksus.

Fosforiidimaagi rikastamisel püütakse kaevandatud maagist eraldada võimalikult suure P_2O_5 -sisaldusega kontsentraati ja saavutada seda, et rikastamisjäädikesse jääks võimalikult vähem fosforhapendit. Praegu Maardu Keemiakombinaadis fosforiidijahu tootmisel kasutatav kuivrikastamine asendatakse lähematel aastatel floteerimismenetlusega, mis kindlustab suurema fosforhapendi saagise lähtemaagist ja kontsentraadi kõrgema P_2O_5 -sisalduse (23—29%)³ ning loob söelumistolmu ärajäämise näol paremad töötingimused. Nii tuleb rikastamiskuludele mõju avaldavate tegurite käsitlemisel vaadelda mitte praegu kasutatavat kuivrikastamis-, vaid perspektiivset floteerimismenetlust.

Üleliidulises teadusliku uurimise ja projekteerimise instituudis «Mehhanobr» tehtud laboratoorsete ja pooltööstuslike katsete tulemused näitavad, et fosforiidimaagi floteerimisel saadava kontsentraadi P_2O_5 -sisaldus on leib teatud määral lähtemaagi P_2O_5 -sisaldusest, tõustes viimase suurenedes.⁴ Arvestades kontsentraadi tegeliku koguse ümber fosforiidijahu tootmisel standardsele, 19%-lise fosforhapendisisaldusega kontsentraadile, näeme samade katsete tulemusena, et floteerimiskulud ühe tonni kontsentraadi saamiseks on pöördvõrdelised rikastatava maagi P_2O_5 -sisaldusega. Kontsentraadi omahinnale avaldab seejuures mõju ka tooraine komponent. Fosforiidimaagi P_2O_5 -sisalduse langedes ei suurene mitte üksnes floteerimiskulud ühe tonni standardse fosforiidijahu saamiseks, vaid kulub ka rohkem maaki.

Seega on P_2O_5 -sisaldus selleks muutuvaks suuruseks, millest on leib fosforiidimaagi rikastamisomahind.

Fosforiidijahu tootmisel jääb flotatsioonikontsentraadi edasine töötlemine ära, sest saadud kontsentraat kujutab enesest valmis fosforiidijahu. Kui aga kontsentraadist hakatakse kas keemilisel või termilisel teel tootma teisi fosforväetisi, siis tuleb teatud koguse ettenähtud P_2O_5 -sisaldusega fosforväetise saamiseks ümber töötada seda rohkem kontsentraati, mida väiksem on tema P_2O_5 -sisaldus; seda suuremad on seega ka ühe tonni fosforväetise töötlemise kulud. Et ühe ja sama flotatsioonirežiimi juures on leib kontsentraadi P_2O_5 -sisaldus rikastatava fosforiidimaagi P_2O_5 -sisaldusest, siis järelikult on leivad ka ühe tonni fosforväetise töötlemise kulud lähtemaagi fosforhapendisisaldusest.

Seega jäävad mäenduslikeks-geoloogilisteks põhiteguriteks 1) kaevandatava maagikihtide kompleksi paksus, 2) kattekihtide paksus ja 3) fosforhapendi sisaldus kaevandatavas maagis, mis oluliselt määravad fosforiidimaagi kaevandamis-, rikastamis- ja töötlemistingimusi ning millele muutumine tingib fosforiidimaagi kasutamise ökonoomika muutumise.

Tööstuslikult kasutatavate fosforiidivarude määramisel võetakse Eesti NSV-s praegu arvesse ainult maagikihtide paksust ja P_2O_5 -sisaldust.⁵

³ Лабораторные исследования флотации фосфоритовой руды месторождения Маарду. Всесоюзный научно-исследовательский и проектный институт механической обработки полезных ископаемых «Механообр». Ленинград, 1960. Käsikiri, üks eksemplar säilitatakse Maardu Keemiakombinaadis.

⁴ Sealsamas.

⁵ Praegu kehtivad Eesti NSV fosforiidimaagi konditsioonilisuse suhtes järgmised nõuded: 1) keskmine P_2O_5 -sisaldus maagikihis — vähemalt 7%, 2) P_2O_5 -sisaldus maagikihi arvestatava paksuse piiril — vähemalt 4% ja 3) maagikihi paksus — vähemalt 0,5 m.

Kattekihtide paksus aga, mis karjääriviisilisel kaevandamisel on omahinda põhiliselt mõjutavaks teguriks, ei kajastu kehtivates tingimustes. Ka ei saa P_2O_5 -sisaldust ja maagi- ning kattekihtide paksust vaadelda üksteisest lahus. Kõik need tegurid mõjutavad toodetava fosforvæetise omahinda üheaegselt, muudavad ta kõrgemaks või madalamaks tasemest, mis majanduslikult õigustab væetise tootmist. Seega tuleb fosforiidimaagi kohta kehtivad konditsioonilise nõuded asendada uutega, mis arvestaksid kõiki maagi kaevandamise, rikastamise ja töötlemise kulusid põhiliselt määravaid mäenduslikke-geoloogilisi tegureid.

Fosforiidimaagi kattekihtide paksuse kui omahinda kujundava teguri määramisel aga peab silmas pidama, et otse kvaternaarse ladestuse all asuvad lubjakivikihid on kasutatavad ehitusmaterjali tootmiseks. Selliseid tööstuslikult kasutatavaid lubjakivikihte ei ole enam alust lugeda fosforiidimaagi kattekihtide hulka ning kattekihtide paksust tuleb arvestada fosforiidikihist kuni tööstuslikult kasutatava lubjakivi lademeni. Tööstuslikult kasutatava lubjakivikihi paksus sõltub seejuures nii lubjakivi füüsikalise-keemilistest omadustest kui ka lubjakivisaaduste tarvitamis- ja realiseerimisvõimalustest.

Konditsiooniliste lubjakivide peal asuvate kvaternaarse kihtide ja lubjakivi murenenud osa kõrvaldamine aga on juba vajalik nii fosforiidimaagi kui ka lubjakivi kaevandamiseks. Seega peaks selle kõige ülemise kihtidekompleksi paksuse ja kõrvaldamiskulud jagama fosforiidimaagi ja konditsioonilise lubjakivi kattekihtide ja kaevandamiskulude vahel võrdeliselt ühelt karjäärivälja ruutmeetritl toodetavale kasulike kaeviste kogusele. Et aga kvaternaarse ladestuse ja murenenud lubjakivi keskmine kogupaksus ulatub kõigest 1—2 meetrini, kusjuures nende kõrvaldamine ei nõua puurimis- ja lõhkamistöid, siis moodustavad paljandamiskulud — kui need ülalesitatud viisil jagada konditsioonilise lubjakivi ja fosforiidimaagi kaevandamisomahinna vahel — fosforiidimaagi omahinnast franko flotatsioonivabrik vaid 1—5%. Seega võib, arvestades fosforiidimaagi omahinna arvutamise paratamatut ligikaudsust, maagi konditsioonilisuse määramisel lugeda kattekihtideks ainult kihte fosforiidimaagist kuni kasutatava lubjakivini.

Fosforiidimaagi konditsioonilisuse hindamisel on kõige raskemaks ülesandeks piirsuuruse määramine, milleni võib tõusta fosforvæetise tootmisomahind.

Küsimuse kõige lihtsamaks lahenduseks oleks fosforvæetise kaubandusliku omahinna lubatava taseme piiramine kehtiva hulgihinnaga. Tuleb aga silmas pidada, et praegu Maardu Keemiakombinaadis kohalikust toorainest toodetava fosforiidijahu hulgihind on omahinnast madalam ja kuigi floteerimismenetlust kasutusele võttes on võimalik saada suurema P_2O_5 -sisaldusega ning vastavalt kõrgema hulgihinnaga fosforiidijahu, kasvab aasta-aastalt ka fosforiidimaagi kattekihtide paksus ja järelikult suurenevad kaevandamiskulud. Esialgsed arvutused näitavad, et kui lubatava omahinna piiriks määrata praegune hulgihind, siis ei oleks võimalik eksploateerida suurt osa Eesti NSV fosforiidimaagi varudest, isegi mitte enamikku Maardu ja Aseri leiukohtade juba kinnitatud varudest. Nii võib tulla järeldusele, et Eesti NSV fosforiidimaagi on võimalik kasutada peamiselt keemilisel ja termilisel töötlemisel saadavate produktide (termofosfaadid, topeltsuperfosfaat, fosfor jm.) tootmiseks, sest nende hulgihindade suhe esialgsete arvutuste teel saadud omahindadesse on suhteliselt soodsam. Ometi ei jää fosforiidijahu væetusefekt happelisel kamarleettmullal kuigi palju maha meie põhilise ja samal ajal umbes kaks korda kallima fosforvæetise — superfosfaadi — omast. Segus superfosfaadiga ja sõnniku- või turbakompostides aga kindlustab fosforiidijahu ligikaudu

sama suure enamsaagi kui superfosfaat.⁶ Nii ei saa, vähemalt mitte fosforiidijahu tootmise seisukohalt, kehtivat hulgihinda lugeda konditsioonilisest fosforiidimaagist saadava fosforvætise omahinna piirsuuruseks.

Fosforiidijahu omahinna lubatav piirsuurus peaks pigemini olenema meil kasutatava põhilise fosforvætise, Koola poolsaare apatiitide kontsentraadist Maardu Keemiakombinaadis toodetava superfosfaadi tootmisomahinnast ning fosforiidijahu ja superfosfaadi kasutamise keskmise efektiivsuse suhtest. Seejuures tuleb arvestada mõlema vætise puhul erinevaid transpordi- ja vätamiskulusid. Kuna aga meie põllumajandusele eraldatavad superfosfaadi kogused on piiratud, säilib fosforiidijahu tähtsus teise fosforvætisena ka siis, kui tema kasutamise efektiivsus tootmisomahinna ühe rubla kohta jääb maha superfosfaadi omast. Veelgi õigemaks fosforvætise tootmiseks kasutatava fosforiidimaagi konditsioonilisuse hindamiseks oleks vætise tootmisomahinna, transpordikulude ja otseste vätamiskulude võrdlus vätamise tulemusena saadava keskmise enamsaagiga. Selline võrdlus aga nõuab küllalt ajakulukat uurimistööd. Esialgse lähendusena tuleks seepärast lähtuda toodetava fosforvætise toimel saadava keskmise enamsaagi suhtest superfosfaadi kasutamisel saadavasse enamsaagisse, superfosfaadi tootmisomahinnast ja vätiste erinevaist transpordikuludest.

Fosforiidimaagi konditsioonilisuse määramise meetod ja selle graafiline rakendus

Eeltoodust selgub, et fosforiidimaagi konditsioonilisus on väljendatav järgmise avaldusega:

$$C \geq q_1 \cdot q_2 \cdot k + q_2 \cdot f + t \quad (1)$$

kus

C — fosforvætise omahinna tinglikult lubatav piirsuurus, rbl./t;

k — fosforiidimaagi kaevandamisomahind franko flotatsioonitsehhi, rbl./t;

f — floteerimiskulud ühe tonni 19%-lise P_2O_5 -sisaldusega kontsentraadi kohta, rbl.;

t — flotatsioonikontsentraadi fosforvætiseks töötlemise kulud rublades ühe tonni vætise kohta;

q_1 — fosforiidimaagi kulunorm ühe tonni 19%-lise P_2O_5 -sisaldusega flotatsioonikontsentraadi kohta, t;

q_2 — 19%-lise P_2O_5 -sisaldusega flotatsioonikontsentraadi kulunorm ühe tonni vætise saamiseks, t.

Tähistades tähega a kaevandamisomahinna piirsuuruse, mille puhul fosforiidimaagi kaevandamine ja töötlemine fosforvætiseks on veel majanduslikult õigustatud, saame

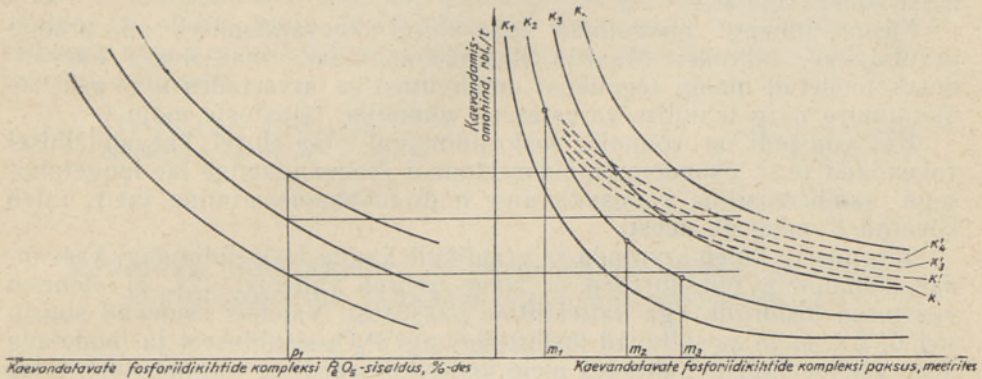
$$a = \frac{C - q_2 \cdot f - t}{q_1 \cdot q_2} \quad (2)$$

Vastuse küsimusele, millist fosforiidimaaki võib lugeda konditsiooniliseks ja millist mitte, annab maagi tegeliku kaevandamisomahinna k võrdlus maagi P_2O_5 -sisaldusest oleneva piirsuurusega a . Tegeliku kaevandamisomahinna avaldamisel fosforiidikihtide kompleksi ja mittekasutatata-

⁶ E. Raudväli, Obolusfosforiit vætisena. Agrotehnika küsimusi Eesti NSV-s. Tallinn, 1957; M. Jegorov, Fosforiidijahu kasutamine happelisel kamar-leetmullal seoses selle lupjamisega. Eesti Põllumajanduse Akadeemia teaduslike tööde kogumik 6. Tartu, 1959; A. Avaste, Fosforiit-turvaskompost. Tartu, 1947; Eesti põllumajandus-teadus põllumehe teenistuses. Lühikokkuvõtteid uurimis- ja katseasutuste töötulemustest 1920.—1940. a. Tartu, 1946.

vate kattekihtide paksuse funktsioonina leiamegi fosforiidimaagi konditsioonilisuse tingimuse olenevalt kaevandatavate maagikihtide kompleksi ja mittekasutatavate kattekihtide paksusest ning maagi P_2O_5 -sisaldusest.

Kaevandamisomahinna ja selle piirsuuruse vastandamine on teostatav graafiliselt (vt. joon.). Graafiku koostamise põhimõte ei muutu kaevandamis-, rikastamis- ja töötlemisviiside, samuti toodetava fosforvæetise liigi või selle lubatava piromahinna muutumisel. Praegusest tehnilisest tasemest tuleneva tööde maksumuse alusel ja praegu toodetava fosforvæetise, nimelt fosforiidijahu kohta koostatud graafik võimaldab vastata küsimusele, milliste meie fosforiidivarude tööstuslik kasutamine on majanduslikult õigustatud praegustes tingimustes.



Fosforiidimaagi konditsioonilisuse määramine graafilisel meetodil.

Koostades graafiku fosforiidimaagi kaevandamise, floteerimise ja edasise töötlemise perspektiivse maksumuse alusel ja perspektiivsete fosforvæetiste kohta, saame määrata ka nende fosforiidivarude ulatuse, millede kasutamine muutub majanduslikult tasuvaks lähemas või kauges tulevikus.

Fosforiidimaagi konditsioonilisuse määramiseks tuleb moodustada graafik (vt. joon.), mille ordinaatteljest paremale jäävale abstsissitelje osale on kantud kaevandatava maagikihi paksus meetrites ja ordinaatteljele — maagi kaevandamise ja flotatsioonivabrikusse veo maksumus rublades koos kattekihtide kõrvaldamise ning puistangusse toimetamise maksumuse ja kombinadi üldkuludest kaevandamistödele langeva osaga. Seega võime graafikust leida ühe tonni fosforiidimaagi omahinna franko flotatsioonivabrik olenevalt maagikihi paksusest. Et arvestada ka kattekihtide paksuse mõju, tuleb graafikul esitatav olenevus tuua kattekihtide erinevate paksuste kohta. Sel puhul saame kõverate parve (joonisel kõverad $k_1 \dots k_4$), mis kujutab ühe tonni fosforiidimaagi omahinna olenevust nii maagi- kui ka kattekihtide paksusest.

Samal graafikul tuleb näidata fosforiidimaagi omahinna olenevust maagi- ja kattekihtide paksusest ka maa-alusel kaevandamisel. Siin avaldab kattekihtide paksus suhteliselt väikest mõju. Vastav kõverate parv (joonisel kõverad $k_1' \dots k_4'$), mis asub lahtist kaevandamist iseloomustavate kõverate vahel, näitab, millise kattekihtide piirpaksuseni ja millise maagikihtide paksuse juures on fosforiidimaagi karjääriviisiline kaevandamine odavam maa-alusest kaevandamisest.⁷

⁷ Karjääriviisilise ja maa-aluse kaevandamise võrdlemisel tuleb lisaks omahindadele arvesse võtta ka erinevust vajalikes kapitaalvahetustes, mis graafikus ei kajastu.

Fosforiidimaagi konditsioonilisuse määramise graafikut peab olema võimalik kasutada iga Eesti NSV fosforiidimaardla maagivaru hindamiseks. Seega tuleb graafiku koostamisel fosforiidimaagi kaevandamisomahinnad erinevate paksustega maagi- ja kattekihtide kohta arvutada vastavalt meie fosforiidimaardlate keskmistele geoloogilistele tingimustele. Kuna meie fosforiidimaagi kaevandatavate kihtide kompleksi tõenäoline paksus on 0,5—4 meetrit, tuleb graafik koostada neis piirides. Kattekihtide paksuse mõju tuleb vaadelda 5—30 meetri vahemikus, mis vastab kattekihtide paksusele Eesti NSV fosforiidimaardlates. Seejuures peetagu silmas, et kattekihtide paksuse suurenedes suureneb ka kõvade lubjakivide osatähtsus neis, mõjutades maagikihi paljandamise maksimumst tõusu suunas.

Fosforiidimaagi omahinnad maa-alusel kaevandamisel on praegu arvutatavad, lähtudes Maardu Keemiakombinaadi maa-aluses kaevanduses toodetud maagi tegelikust omahinnast ja arvestades kihi paksuse muutumise ning tehnilise varustatuse võimalike täiustuste mõju.

Kui edaspidi on võimalik fosforiidimaagi maa-alusel kaevandamisel rakendada uusi, ökonoomsemaid meetodeid (kaevandamine lae langetamisega, kambriivisiline kaevandamine, hüdro-mehhaniseerimine jne.), tuleb kõverad k' määrata uuesti.

Järgmisena tuleb arvutada ja graafikule kanda fosforiidimaagi kaevandamisomahinna piirsuurused a . Nagu selgub valemist (2), ei olene a väärtused fosforiidi-ega kattekihtide paksusest. Valemis esinevad suurused C , f , t , q_1 ja q_2 sõltuvad fosforiidimaagi P_2O_5 -sisaldusest ja toodetava fosforvætise liigist. Lähtudes meie fosforiidimaardlate tingimustest, tuleb a väärtused määrata vastavalt maagi 5—15%-lisele P_2O_5 -sisaldusele.

Fosforiidimaagi orienteerivad floteerimiskulud⁸ ja kulunorm ühe tonni 19%-lise P_2O_5 -sisaldusega flotatsioonikontsentraadi kohta q_1 on arvutatavad teadusliku uurimise ja projekteerimise instituudis «Mehhanobr» koostatud Maardu Keemiakombinaadi flotatsioonitsehhi projektülesande andmete alusel. Fosforiidijahu tootmisel töötlemiskulud $t=0$ ja flotatsioonikontsentraadi kulunorm ühe tonni fosforiidijahu kohta $q_2=1$. Termofosfaatide tootmise otstarbekuse kalkuleerimiseks tuleb praegu suurused t^9 ja q_2 võtta projekteerimisinstituudi «Giprohim» andmetest.¹⁰

Fosforiidimaagist toodetava vætise omahinna lubatava piirsuuruse C määramise võimalustel peatusime eespool.

Fosforiidimaagi P_2O_5 -sisaldusest olenevad maagi kaevandamisomahinna piirsuurused a kanname graafiku ordinaatteljest vasakul asuvale poolele. Kuna kaevandamisomahinna piirsuurus oleneb valmistoote omahinna lubatavast tasemest, seega siis toodetava fosforvætise liigist, saame kõverad a_1 , a_2 ja a_3 , kusjuures iga kõver vastab erinevale fosforvætisele.

Fosforiidimaagi kasutamine on majanduslikult õigustatud, kui tema kaevandamisomahind (graafiku paremal poolel) jääb madalamaks maagi P_2O_5 -sisaldusele ja toodetavale fosforvætisele vastavast kaevandamisomahinna piirsuurusest (graafiku vasakul poolel).

Võtame fosforiidimaagi, mille kihtide paksus on m_1 meetrit, mittekasutatavate kattekihtide paksus k_2 meetrit ja P_2O_5 -sisaldus p_1 protsenti. Nagu näeme graafikust, ei ole sellise fosforiidimaagi kasutamine majan-

⁸ Floteerimiskuludesse tuleb võtta ka floteerimisele langevad kombinadi üldkulud.

⁹ Töötlemiskuludele tuleb siin liita ka töötlemisele langev osa kombinadi üldkuludest ja kaubanduslikud kulud.

¹⁰ Техничко-экономическая записка по вопросу о производстве термических фосфатов в составе химвкомбината Маарду. Ленинград, 1958. Käsikiri, üks eksemplar säilitatakse Maardu Keemiakombinaadis.

duslikult õigustatud, sest kaevandamisomahind on lubatud piirsuurusest kõrgem kõigi vaadeldavate fosforvæetiste tootmise puhul.

Kui maagi P_2O_5 -sisaldus ja kattekihtide paksus jääksid muutumatuks, kaevandatava maagikihtide kompleksi paksus aga oleks suurem, näiteks m_2 meetrit, siis oleks maagi kasutamine majanduslikult õigustatud nende fosforvæetiste tootmiseks, millede puhul kaevandamisomahindade piirsuursusi kujutavad kõverad a_2 ja a_3 . m_3 meetri paksuse maagikihi kasutamine on õigustatud ka selle fosforvæetise tootmiseks, mille puhul kaevandamisomahinna piirsuursust kujutab kõver a_1 .

Esitatud meetod on kasutatav kõigi Eesti NSV fosforiidimaardlate varude hindamiseks kõigi fosforvæetiste tootmise tasuvuse seisukohast. Kuna ta arvestab kõiki põhilisi mäenduslikke-geoloogilisi tegureid, mis avaldavad olulist mõju fosforiidimaagi kasutamise tasuvusele, peaks ta olema uute Eesti NSV fosforiidimaagi konditsioonilise normide väljatöötamise aluseks.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Majanduse Instituut

Saabus toimetusse
6. I 1961

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ ЭСТОНСКИХ ФОСФОРИТОВ

К. Хабихт

Резюме

Определение объема запасов эстонской фосфоритной руды, пригодных для промышленной разработки, с точки зрения рентабельности их эксплуатации должно лечь в основу оценки перспектив развития нашей фосфоритной промышленности.

При определении экономической эффективности — кондиционности — фосфоритной руды нужно принимать во внимание: 1) затраты на добычу фосфоритной руды; 2) затраты на ее обогащение; 3) затраты на дальнейшую переработку концентрата, полученного после обогащения; 4) уровень себестоимости продукта, получаемого в результате переработки фосфоритного концентрата, при котором изготовление этого продукта было бы экономически целесообразно.

Добыча фосфоритной руды может осуществляться открытым или подземным способом, в зависимости от мощности вскрышных слоев, а фосфорным удобрением может служить либо вырабатываемая в настоящее время фосфоритная мука, либо какое-нибудь другое фосфорное удобрение (термические фосфаты, двойной суперфосфат). Основным же способом обогащения руды должна быть флотация, обеспечивающая лучшие по сравнению со способом сухого обогащения, применяемым в настоящее время на Маардуском химкомбинате, технико-экономические показатели.

Основными горно-геологическими показателями, характеризующими фосфорную руду и условия ее добычи, изменение которых влечет за собой изменения в стоимости добычи, обогащения и переработки, являются мощность пласта фосфоритной руды, мощность вскрышных слоев и содержание в руде P_2O_5 . От первых двух зависит себестоимость добычи, последняя влияет на затраты по обогащению и переработке концентрата. Кондиционность фосфоритной руды, с одной стороны, зависит от величины этих трех показателей и, с другой, — от допустимого уровня себестоимости вырабатываемого фосфорного удобрения.

Допустимый уровень себестоимости производимого фосфорного удобрения в настоящее время следует определять, исходя из сравнения роста урожайности, получаемого при применении этого удобрения, с ростом урожайности, получаемым при применении нашего основного фосфорного удобрения — суперфосфата, из производственной себестоимости суперфосфата и транспортных расходов на доставку сравниваемых удобрений до потребителя.

Метод определения кондиционности фосфоритной руды базируется на графическом сравнении сложившейся себестоимости добычи с ее предельно допустимой величиной (см. рисунок). Себестоимость представлена как функция от мощности пласта руды и неиспользуемых вскрышных слоев (на рис. кривые $k_1 \dots k_4$ — при открытом и кривые $k'_1 \dots k'_4$ — при подземном способе добычи).

Предельная величина себестоимости добычи вычисляется по формуле (2) как

функция от содержания P_2O_5 в фосфоритной руде и производимого фосфорного удобрения (на рис. кривые $a_1 \dots a_3$).

Если себестоимость добычи фосфоритной руды окажется ниже предельной величины, ее промышленную разработку можно считать оправданной.

Предлагаемый метод определения кондиционности можно применять для оценки запасов всех месторождений фосфоритной руды Эстонской ССР и установления экономической целесообразности производства всех фосфорных удобрений.

*Институт экономики
Академии наук Эстонской ССР*

Поступила в редакцию
6. I 1961

METHODIK ZUR BERECHNUNG DER WIRTSCHAFTLICHKEIT DER AUSBEUTUNG DER PHOSPHORITVORRÄTE IN DER ESTNISCHEN SSR

K. Habicht

Zusammenfassung

Die Ermittlung des Umfangs der industriell nutzbaren Obolusphosphoritvorkommen in der Estnischen SSR, vom Standpunkt der Rentabilität ihrer Nutzbarmachung, bildet eine Grundlage zur Beurteilung der Entwicklungsaussichten unserer Phosphoritindustrie.

Um festzustellen, ob das Rohphosphat für eine wirtschaftliche Nutzung geeignet ist, muss man folgendes in Betracht ziehen: 1) die Gewinnungskosten des Rohphosphats; 2) die Kosten seiner Aufbereitung; 3) die Kosten der weiteren Verarbeitung des aufbereiteten Konzentrats; 4) ein solcher Selbstkostenpreis des (durch die Verarbeitung des Konzentrats) gewonnenen fertigen Produkts, der seine Herstellung wirtschaftlich rechtfertigte.

Dabei kann die Gewinnung des Rohphosphats je nach der Mächtigkeit des abzutragenden Deckgebirges entweder im Tagebau oder im Tiefbau erfolgen; das als Endprodukt hergestellte Phosphordüngemittel kann der gegenwärtig produzierte gemahlene Phosphorit oder ein anderes Phosphat sein (Glühphosphat, Doppelsuperphosphat usw.). Als eine geeignete Aufbereitungsmethode ist aber die Flotation anzusehen, die im Vergleich zu der im Chemie-Kombinat Maardu gegenwärtig angewandten Trockensiebung bessere technische und ökonomische Resultate sichert.

Zu den Parametern, die im wesentlichen das Rohphosphat und dessen Gewinnungsbedingungen charakterisieren und deren Änderung auch die Gewinnungs-, Aufbereitungs- und Verarbeitungskosten ändert, gehören der Gehalt an P_2O_5 , die Mächtigkeit des Flözes und die Mächtigkeit des abzutragenden Deckgebirges. Die beiden letzteren Parameter bedingen die Gewinnungskosten, der erstere hingegen die Aufbereitungs- und Verarbeitungskosten. Ob das Rohphosphat für eine wirtschaftliche Nutzung geeignet ist, hängt einerseits von der Größe dieser drei Parameter, andererseits vom zulässigen Selbstkostenpreis des produzierten Phosphordüngemittels ab.

Der zulässige Selbstkostenpreis des produzierten Phosphordüngemittels muss gegenwärtig unter Berücksichtigung folgender Faktoren festgesetzt werden: 1) der Vergleich des durch seinen Gebrauch bedingten Mehrertrags mit dem Mehrertrag, den unser hauptsächlichliches Phosphordüngemittel, das Superphosphat, sichert; 2) die Selbstkosten der Produktion des Superphosphats und 3) die Transportkosten der beiden verglichenen Düngemittel vom Produzenten bis zum Konsumenten.

Die vorgeschlagene Methode zur Beurteilung, ob eine Nutzbarmachung eines gegebenen Rohphosphats wirtschaftlich geeignet ist, beruht auf dem graphischen Vergleich der Selbstkosten der Gewinnung und ihrem zulässigen Grenzwert (s. Abbildung). Dabei sind die Selbstkosten der Gewinnung als Funktion der Mächtigkeit der nutzbaren Schicht und der Mächtigkeit des abzutragenden Deckgebirges (auf der Abbildung die Kurven $k_1 \dots k_4$ für den Tagebau und die Kurven $k'_1 \dots k'_4$ für den Tiefbau) dargestellt.

Der zulässige Grenzwert der Selbstkosten der Gewinnung wird mit Hilfe der Formel (2) berechnet. Das produzierte Phosphordüngemittel und der P_2O_5 -Gehalt im Rohphosphat bestimmen den Grenzwert der Selbstkosten der Gewinnung des Rohphosphats (auf der Abbildung die Kurven $a_1 \dots a_3$).

Gestalten sich die Selbstkosten der Gewinnung des Rohphosphats unter dem zulässigen Grenzwert, so ist die industrielle Ausbeutung des gegebenen Rohphosphats als wirtschaftlich gerechtfertigt zu betrachten.

Die vorgeschlagene Methode ist bei der Bewertung der Vorräte sämtlicher Fundorte des Obolussandsteins in der Estnischen SSR vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit der Phosphordüngemittel-Produktion anwendbar.

*Institut für Ökonomie der Akademie der Wissenschaften
der Estnischen SSR*

Eingegangen
am 6. Jan. 1961