

SHUNGIIT

Aruanne

Koostas: TÜ dotsent Uno Mäeorg

Tartu, 2013

Sisukord

1. Sissejuhatus	3
2. Kirjanduse otsingu kirjeldus	4
3. Shungiidi geoloogia	5
4. Shungiidi struktuur ja omadused	6
5. Shungiit ja vesi	8
6. Rakendused	10
7. Kokkuvõte	14

1. Sissejuhatus

Shungiit on paleoproterosoikumi ajastul (2,5 – 1,6 miljardit aastat tagasi) moodustunud suhteliselt haruldane kivim-materjal, mille süsiniku sisaldus varieerub 10 - 98%. Selle teket on mõjutanud vulkaaniline ja tektooniline tegevus. Mõnede uurijate väitel ei kinnita analüüsid vulkaanilist teket ning samuti ei ole shungiit tekkinud kõrgematest taimedest vaid pigem vetikatest ja bakteritest. Sellist materjali on leitud Michigani (USA), Gröönimaal, Austraalias, Vietnamis, Gabonis, Ontarios (Kanada), Omaanis, Labradoris (Kanada), Indias, Uus-Meremaal, Ukrainas, Kurskis, Ida-Karpaatides, Uraalides, Tseljabinskis, Ida-Sajaanides, Alaverdis (Armeenia), Siberi platvormil (Leena-Tunguska), Madzharovo (Bulgaaria), Kesk-Aasias, Kasahstanis, Usbekistanis, Kirgiisisas, Bohemias ja Barrandiani piirkonnas (Tšehhi), Kõzõlkumis, Kamtšatkal, Poolas ja mujal. Shungiidisarnaseid aineid leidub ka meteoriitides (Axtell). Kõige tuntum ja suurim leiukoht asub Karjalas Venemaal Onega järve loodepiirkonnas. Selle kohta pärinevad teated juba 1879. aastast. Selles piirkonnas asuvad shungiidi lademed ca 9000 km² ja nende hulgaks arvatakse olevat 25 x 10¹⁰ tonni. Nimi **shungiit** pärinebki Karjala Shunga külast. Süsinikku sisaldavad kivimid on laotunud üle terve Ida-Balti piirkonna, kuid on kõige paremini säilinud Karjalas. Ka Eestis leiduv põlevkivi pärineb umbes samast või pisut nooremast (Ordoviitsium, ca 400 milj aastat) ajastust. Ei saa välistada, et ka siin piirkonnas leidub kusagil teatud määral shungiidisarnast materjali.

Vastavalt süsiniku sisaldusele jagatakse shungiiti viide alaliiki: shungiit I 98%, shungiit II 35–98%, shungiit III 20–35%, shungiit IV 10–20%, ja shungiit V -10%.

Käesolev kirjanduseülevaade on koostatud shungiidi kohta praeguseks hetkeks avaldatud teaduskirjanduse põhjal ning käsitleb selle esinemist, moodustumist, analüüsi, omadusi ja rakendusi.

2. Kirjanduse otsingu kirjeldus

Kirjanduse otsingud teostati referatiivajakirjal Chemical Abstracts baseerivas elektroonilises andmebaasis, mis hõlmab andmeid alates 1907. aastast kuni otsinguhetkeni. Otsinguid teostati ka Euroopa patendiameti andmebaasis Espacenet.

Kuna antud probleemaatikas on tegemist märksõna otsinguga, siis teostati eelnevalt arvukate märksõnade eelotsinguid, selgitamaks välja kõige sobivamaid märksõnu ja nende kombinatsioone. Otsinguid teostati eesmärgiga leidmaks võimalikult palju rakendusi ja süvateaduslikke uuringuid shungiidi päritolu, olemuse ja käitumise kohta. Otsingute tulemused on esitatud **22.06.2013 seisuga**.

Kasutatud märksõnade kombinatsioonid sisaldasid: **shungite**, mille abil leiti 843 kirjandusallikat, milledest enamuse moodustasid patendid. Samuti otsiti ka fullereenide kui shungiidiga sarnase aine biotoime ja struktuuri kohta käivat kirjandust.

Leitud kirjete töötlemine

Leitud kirjandusallikate kohta käivad referaadid töötati läbi ja selekteeriti. Kuna otsing oli väga determineeritud, siis enamus kirjandusviiteid olid asjakohased. Esimesed kirjandusallikad pärinesid 20. sajandi kolmekümnendatest aastatest. Üsna arvukalt oli nõukogudeaegseid teatud instituutide poolt väljaantud, kuid praktiliselt kättesaadamatuid allikaid. Nende puhul piirduti ainult referaatide lugemisega. Oluliste allikate referaatide läbitöötamisel salvestati asjakohased ja kättesaadavad originaalartiklid ja patendid. Jaapani- ja hiinakeelsete dokumentide korral piirduti referaatides leiduva infoga. Vastavad otsingutulemused ja originaalartiklid/patendid on tellijale üle antud.

3. Shungiidi geoloogia

Shungiidi geoloogiliselt ajaliseks päritoluks peetakse kambriumieelset ajastut.

Karjala shungiidi leiukoht (samuti ka paljud teised) on geoloogiliselt väga põhjalikult uuritud. Kogu piirkonna kivimid on jaotatud mitmesugusteks kihtideks ja alamkihtideks ning nad on ajalisel hästi määratletud ca 2 miljardi aasta vanuseks. Mõned Karjala piirkonna lademed on olnud allutatud hiljem mitmesugustele hüdrotermaalsetele mõjuritele, millest tulenevalt omavad teistest lademetest oluliselt erinevaid omadusi (eripind, poorsus jms).

Isotoopjaotuse analüüsid on näidanud erinevate shungiidiproovide puhul, et karbonaatse süsiniku $\delta^{13}\text{C}$ (sisuliselt C13/C12 isotoopjaotust iseloomustav suurus) väärtus on -3 - -13 ‰ (PDB suhtes; standard), kuid orgaanilisel süsinikul on see -26 - -44‰. Ka erinevates leiukohtades on $\delta^{13}\text{C}$ erinev, kõige suurem on see Shunga küla piirkonna leiukohas. Leiukoha järgset sõltuvust peetakse olulisemaks kui erineva shungiidi tüübi järgset sõltuvust. Mida suurem süsiniku sisaldus, seda väiksem on $\delta^{13}\text{C}$ väärtus. Tavapäraste biogeokeemiliste protsesside puhul on $\delta^{13}\text{C}$ väärtus ca -30‰. Shunga küla leiukoha oluliselt kõrgemat sisaldust seostatakse hilisemate sedimentide termiliste protsessidega. Vesiniku ja süsiniku väga madal aatomsuhe (0,1 -0,2) näitab, et tegemist on praktiliselt puhta süsinikuga ja mitte eriti selle muude orgaaniliste ühenditega. Kuna teadaolevalt oli proterosoikumi orgaanilises materjalis H/C suhe 1,6, siis on shungiidi (ja selle analoogide) madal vesinikusisaldus tõestuseks suure vesinikusisaldusega ühendite (metaan ja teised lenduvad alkaanid) lenduvuse kohta. Vastavad arvutused näitavad, et ca 50% orgaanilisest ainest on võrreldes esialgselt 2,5-2,0 miljardi aasta vanusest materjalist pidanud lenduma, et jääks järele shungiidi sarnase vesiniku-süsiniku suhtega materjal.

Samas leidub shungiidis ka väävlit ja selle sisaldus on teatud korrelatsioonis süsiniku sisaldusega, jõudes teatud juhtudel kuni mõne protsendini. Süsiniku isotoopsuhte varieeruvus laiades piirides ja C-13 isotoobi sisalduse korrelatsioon üldise orgaanilise süsiniku sisaldusega näitab et tegemist on erinevatel ajajärgudel tekkinud materjalidega.

Samuti on üsna tugev korrelatsioon raskmetallide ja jälgedes esinevate elementide (As, V, U, Cu, Mo, Hg) sisalduse ning süsiniku sisalduse vahel.

Teiste elementide sisaldus on toodud lisatud tabelites.

Põhjalikult on uuritud ümbritsevate kivimite ja orgaanilise materjali koosseisus olevate teiste elementide (O, S) isotoopjaotust, mis võib anda olulist infot neid elemente sisaldavate ühendite päritolu ja ajalise tekke kohta.

4. Shungiidi struktuur ja omadused

Shungiidi struktuuri on uuritud juba ammu. Valitseb seisukoht, et shungiit on must kambriumieelne halva kristalsusega kivim, mis sisaldab amorfset süsinikku ja silikaatseid mineraale, põhiliselt kvartsi, leelialumosilikaate ja raua silikaate.

Tänu fullereeni-sarnaste struktuuride avastamisele shungiidis (1992), on see mineraal pälvinud paljude uurijate tähelepanu. Hiljuti (2011) teostatud uuringute põhjal on tuvastatud, et shungiit on tugeva süsinikmaatriksiga mineraal, mida läbib peendisperseeritud silikaatne skelett. Selles leidub raskmetallide ja väärismetallide terakesi, näit. Au-Ag-Hg (amalgam) ja Pt-Rh-Ir. Näiteks shungiit III-s on järgmised ühendid (%): SiO₂ 60,3; C, 32; Al₂O₃, 4,2; Fe₂O₃, 1; MgO, 1; K₂O, 1; CaO, 0,12; ja nn mikroelemendid.

Nagu ülal mainitud, avaldasid Busek jt. 1992. aastal ajakirjas Science artikli, kus näidati fullereenilaadsete struktuuride olemasolu shungiidis. Selle ajani oli fullereene avastatud küll interstellaarses ruumis ja sünteesitud kunstlikult, kuid naturaalselt neid leitud ei olnud. Shungiidi uurimisel kõrglahutusega transmissioonelektronmikroskoobi abil leiti fullereenile väga sarnaseid struktuure. Laserdesorptsiooniga Fourier' teisendusega massispektromeetri abil tõestati C60 ja C70 fullereenide olemasolu shungiidis. Hiljem on leitud, et fullereenide osakaal on shungiidis üsna tagasihoidlik (mõnedel juhtudel koguni ppm tasemel).

SANS (small angle neutron scattering) meetodiga tuvastati, et shungiidis esinevad mitmetasemelised struktuurid (10 nm ja 100 nm) ja need on seotud deformeeritud grafeeni-lehekeste (32 x 32 x 21 Å³) interaktsioonide tagajärjel tekkinud moodustiste juhusliku orienteerumisega.

SAXS-iga (small angle X-ray scattering) on määratud minimaalne struktuuriühik shungiidis, mille suuruseks on 0,51 nm ning seda peetakse kõige aktiivsemaks ja liikuvamaks osakeseks shungiidis. Röntgenstruktuuranalüüsi ja HRTEM-iga on tõestatud, et shungiidis esinevad nn painutatud grafeenist kausikujulised moodustised paksusega 2-5 nm, mis koosnevad 5-14 kihist.

Shungiidi eripind, mis on määratud BET-i meetodil (Brunauer-Emmet-Teller) oli erinevate leiukohtade materjali puhul väga erinev. Näiteks Shunga, Maksovo ja Chebolaksha shungiitide eripinnad olid vastavalt 2-5, 180-240 ja 5-10 m²/g. Keskmise nanopooride suurus (määratud SAXS-iga) oli 2 – 6 nm. Avatud ja suletud pooride protsentuaalse sisalduse suhe oli Shunga materjali korral ca 0,5, Maksovo omal 3 ja Chebolaksha shungiidil ca 0,1. Maksovo shungiidi parameetrid on oletatavasti teistest selle tõttu erinevad, et see materjal on geoloogiliselt mõnevõrra erineva tekkega.

Shungiidi töötlemisel veeauruga suurenes mikro- ja mesopooride hulk oluliselt. Ultramikropooride (0,4 – 0,7 nm) hulk suurenes töötlemisel osooniga.

Röntgenstruktuuranalüüs näitas shungiidi sarnasust nn fullereentahmaga.

Shungiidi spektraalsete omaduste ja struktuuri uurimiseks on kasutatud väga palju erinevaid uurimismeetodeid nagu: XRD, XPS, EDS, FTIR, Raman. SEM, TEM, AFM, elektrokeemilised meetodid (CV jt), termoanalüüsimeetodid ja paljud teised.

5. Shungiit ja vesi

Biomeditsiinilistel eesmärkidel kasutatakse kõige rohkem shungiidi vett, ehk shungiidil seisnud vett. Ka süsiniku nanoosakeste bioloogilist toimet on seostatud nende dispersiooniga vees. Shungiidi puhul on tuvastatud, et sellesse on kapseldunud erinevad kogused vett (2-7%). Arvutuskeemikud on arvutustele põhinedes leidnud, et süsiniku pinna ja vee molekulide vahel peab olema doonor-aktseptor side. Süsiniku pind on tavaettekujutuses hüdrofoobne ning selle tõttu tundub stabiilse suspensiooni valmistamine vähetõenäoline. Kirjanduses on siiski olemas meetod, kuidas suspendeerida vees fullereene ning sama meetodit on kasutatud ka shungiidi korral. Süsiniku nanoosakeste suspensioone stabiliseerivateks faktoriteks peetakse süsiniku pinnal olevaid spetsiifilisi polaarseid rühmi, spetsiifiliste vee ja nanoosakeste klatraatide moodustumist ja dipoolmomenti omavate väikeste struktuurielementide paiknemist nanoosakese ümber, mis osaleb võnkliikumises ja vähendab selle kaudu süsiniku pinnaenergiat.

Hiljuti leiti, et shungiit moodustab fullereenidega sarnaselt nn gloobuleid suurusega kuni 6 nm, mis omakorda moodustavad klastreid, vähendades sellega osakeste pinnaenergiat. Klastrite lagunemisel vabanevad aktiivsed gloobulid.

Shungiit III uurimisel NaCl, CaCl₂ ja AlCl₃ vesilahustes, selgus, et tema isoelektriline punkt (IEP) on pH 4 juures kui osakeste suurus on ca 50 – 400 mkm. Väiksemate osakeste puhul (väiksem kui 5 mkm) on isoelektriline punkt isegi 2,8 juures. CaCl₂ korral ei sõltu see kontsentratsioonist, kuid NaCl korral siiski väheneb IEP pH 2,4-ni. AlCl₃ korral ilmnes kolm IEP, mis vastavad kolmele AlCl₃ hüdrolüüsi astmele pH = 3,0; 4,5 ja 7,2.

Uuriti erineva peenendusastmega shungiit III staatilist pesemist elektrolüütidega. Mõõdeti 1%-lise suspensiooni filtraadi juhtivust ja pH-d. Sellisel töötlemisel lahuse pH langeb ja teadaolevalt pestakse välja ka mõningaid metalle. Kõige ilmekamalt väljendub see peenemate fraktsioonide korral. Kuni 1 mm suuruste osakeste korral toimub destilleeritud veega töötlemisel elektrolüüdi eraldumine põhiliselt 10-15 minuti jooksul. Selle käigus väheneb ka lahuse pH konstantse väärtuseni. Protsess on kõige kiirem ja pH langus kõige suurem ning saadud lahuse juhtivus kõige suurem peene fraktsiooni korral (50 - 100 mkm). Jämeda fraktsiooni korral nt 1,6- 2,5 mm fraktsiooni puhul on juhtivus ca 10 korda madalam kui peenel fraktsioonil. See tähendab, et vette leostub ioone oluliselt vähem. Jämeda fraktsiooni korral saavutas juhtivus maksimaalse väärtuse peaaegu sama kiiresti kui peene fraktsiooni korral, kuid pH alanemine ei olnud isegi ühe tunni jooksul lõppenud. Nähtavasti on seejuures tegemist erinevate kiirustega toimuvate protsessidega. Oma olemuselt kujutab shungiit endast nõrka kationiiti, mille vahetusmahtuvus pH = 7 juures oli shungiit II peene fraktsiooni puhul 12,5 mkg-ekv/g. Kahjuks ei ole nende uuringute käigus vaadeldud mitteionogeensete ühendite sisalduse muutusi vees.

Shungiidi vesisuspensiooni töötlemine ultraheliga viib klastrite lagunemisele väiksemateks struktuurielementideks. Seejuures moodustasid fullereenid, shungiit ja fullereen-tahm püsivaid suspensioone, kuid grafiitpulber hakkas sadenema. Shungiidi suspensioon (valmistatud I tüüpi alla 40 mkm suurusega shungiidist) on stabiilne tänu hüdraaditud süsiniknanoosakeste olemasolule keskkonnas. See tõestati MAS NMR abil, kus näidati, et eksisteerivad hüdraatveele ja tavalisele veele vastavad signaalid. Nende vormide vahetuskiiruseks leiti toatemperatuuril olevat ca 5 ms. Samasugust veevormide esinemist tõestati ka ESR spektroskoopiaga, näidates, et sellised vee erinevad vormid külmuvad erineval temperatuuril. Tulemused näitavad, et madalaprotsendiliste suspensioonide puhul eksisteerivad süsiniku nanoosakeste hüdrofoobsed nanosüvikud, mis on täidetud vee klastritega. Selline struktuur takistab koagulatsiooni. Peale töötlemist ultraheliga, filtrimist ja tsentrifuugimist oli lahuses ikkagi veel 0,1 mg/ml 96 nm suurusega osakesi. Kui see kolloidlahus kuivatati, siis osakeste suurus oli TEM (transmissioonelektronmikroskoopia) 10-100 nm. Samamoodi käituvad ka fullereenid. MAS NMR abil näidati, et üsna keerulisest lähteshungiidi segust läks veefaasi ainult valdavalt komponent, mis omas C13 spektris sp²-süsinike piirkonnas ainult ühte signaali, mis näitab, et vees eksisteerivad keemilises mõttes ühte tüüpi osakesed. Vee prootonite ja süsinike vahekaugus oli ca 0,8 nm. Kõige selle põhjal ning arvestades varasemaid süsinikstruktuuride analüüside kohta käivaid uuringuid, on tulemust interpreteeritud nii, et vees esinevad „kausiks“ (pool fullereeni) paindunud süsinikskeletid. NMR signaalid prootonspektris 0,4 ja 3,16 ning 116,6 C-13 spektris viitavad fullerooli tüüpi ühendile (kus esineb fullereen-OH rühm). Analoogilisi efekte on täheldatud ka fullereenide ja üheseinaliste süsiniknanotorude korral. TOF massispektromeetriga saadud shungiidi vee suspensiooni spektris esineb signaal 280 on domineeriv ja on oma väärtuselt rohkem kui kaks korda väiksem fullereen C-60 massist. See näitab, et tegemist võib olla sellise „pooliku“ fullereeniga. Naturaalse (töötlemata) shungiidi korral esinevad signaalid 200 m/z väärtuse ümbruses, mida võib pidada põhilise struktuurielemendi massiks.

6. Rakendused

Shungiidi lai omaduste spekter ning moodsad tehnoloogiad on loonud eriti arvukad võimalused selle kasutamiseks ehedalt, teatud meetoditega töödeldult ja ka komposiitmaterjalina. Shungiidi omadusi saab teatud tüüpi protseduuridega tugevasti muuta (laser- ja plasmataötlus, termotötlus, ekstraktsioon vee, **alkoholi** jt vedelikega).

Shungiidi käitumine kontaktis vedelikega on väga mitmetahuline. Kontakti tulemusel veega, vesilahustega (või teiste vedelikega) lahustub osa shungiidist, moodustades näiteks veega stabiilseid komplekse. Lisaks sellele lahustuvad vees ka shungiidi koosseisus olevad mineraalained. Vesilahuste pH ja koostis mõjutavad samuti erinevate komponentide leostumise ulatust shungiidist ja selle protsessi kiirust. See loob väga erinevad võimalused shungiidi-vee kasutamiseks. Samas pole sellise vee valmistamise kõik detailid veel kaugeltki selged.

Tahke shungiit on keerulise struktuuriga materjal, omades erinevaid adsorptsioonikohti ja erineva suurusega poore, mis samuti loob arvukalt võimalusi erinevate ainete sidumiseks vesilahustest. Seega shungiit võib kontaktis teiste faasidega „anda või võtta“ teatud aineid.

Samuti on oluline ka juba kasutatud shungiidi regenerereerimine ja taaskasutus. See loob võimaluse vähendada tooraine kulusid ning samuti jääkidega seotud probleematikat.

Erinevate rakenduste kohta on väga palju patente. Avalikult kättesaadavad patendid on aruandele lisatud.

Metallurgia

Shungiiti on kasutatud alumiiniumi tootmise elektrolüüsivanni seinade valmistamiseks, raua ja mangaanisulamite valmistamisel. Samuti kasutati seda toormaterjalina FeSiAl sulatamisel, FeSi sulamite valmistamisel ferrosfosforist shungiidi lisamisel, kaltsiumisulamite ja booritud terase valmistamisel. Valuvormide valmistamisel aitab shungiidi lisand valul mööda pinda paremini libiseda ja selle tulemusel saadakse kvaliteetsem ja ühtlasem valu. Shungiiti kasutatakse Cu-Ni-Co maakide töötlemisel, vase- ja tsingimaagi leostumise intensiivistamisel flotatsioonmeetodil, rauasulatuskõrgahjudes protsessi efektiivsuse tõstmiseks koksi asendajana, ränikarbiidi valmistamisel ja mujal.

Ehitus

Shungiiti on kasutatud polümeerikrohvi tugevdamiseks, pigmendina musta ja pruuni tsemendi jaoks, vahtbetooni segu koostises, lisandina värvidele pinnaomaduste parandamiseks, kerge sooja isoleeriva betooni valmistamiseks, katusematerjalidele kaitsekihtide tekitamiseks, elektromagnetkiirguse- ja radiatsioonikindlate ehitusmaterjalide valmistamiseks. Samuti on shungiit arvestatav keramsiidi valmistamise tooraine, seda kasutatakse kerge vahtklaasi

valmistamise segus. Shungiiti kasutatakse biotsiidina värvides, krohvides jt pinnatöötlusmaterjalides, eriti sisetöödel ja ruumides, kus on kõrge niiskuse- ja infektsioonirisk (tualett, vannituba, kelder jt). Pisiskulptuuride valmistamiseks on shungiit samuti huvitav materjal.

Veepuhastus

Shungiidi üks põhilisi kasutusalasid on joogivee kvaliteedi tõstmine ja ka reovete puhastamine. Välja on selgitatud erineva pH-ga reovete puhastamise iseärasused. Shungiiti on kasutatud orgaaniliste jääkide eraldamiseks heitvetest (näiteks fenoolid) ja halogeenitud derivaatide, naftaproduktide, sünteetiliste pindaktiivsete ainete eemaldamiseks looduslikust veest. Shungiit on ka antiseptilise toimega, mistõttu on eriti hinnatav puhta vee saamisel nii tavatarbeks kui ka meditsiinilistel eesmärkidel. Shungiidi abil on võimalik puhastada ka suure rauasisaldusega vett ja ka pinnavett ning ekstraheerida radionukliide. Shungiit aitab konserveerida vett saastumise vastu. Shungiidi suurepärasest veepuhastustoimetest on seostatud osooni eemaldamise võimega ning suurepärase radikaalide ja radikaalionide neutraliseerimisvõimega. Shungiiti on kasutatud ka punapeedi mahlast raskmetallide eemaldamiseks.

Shungiiti on rakendatud raketikütustega kokkupuutunud tahkete pindade ja pinnase detoksifitseerimiseks, toksiliste metallide (Zn, Cd, Hg) sidumiseks jpm.

Meditsiin/Kosmeetika

Kõige enam on tuntud nn shungiidivesi, ehk siis teatud aeg shungiidil hoitud vesi. Shungiidil hoitud vee terapeutilisi omadusi on seostatud fullereenide olemasoluga. Oletatakse, et vee puhastamise efekt shungiidiga seisneb lisandite koagulatsioonis shungiidist vette ekstraheeruvate molekulaarsete ja supramolekulaarsete ainetega. Nende hulka kuuluvad fullereene sisaldavad veeslahustuvad kompleksid ja fullereene sisaldavad mikroskoopilised süsinikuosakesed.

Polühüdrosübutüraadist, shungiidist ja furatseliinist on valmistatud komposiit furatseliini kontrollitud vabanemise saavutamiseks. Samuti on valmistatud nahahaiguste raviks tsinkoksiidi ja shungiiti sisaldav preparaat. Kosmeetikas on samuti kasutatav shungiiti sisaldav maskipasta. Shungiiti on kasutatud ka ravivannide ja soojendavate ravivahendite valmistamiseks.

Vastavate haiguste korral on kasutatud pealemääritavat preparaati, hoides seda pealkantuna haigel kohal 8 tundi iga päev. Meetod omab analgeetilist toimet ning on rakendatav liikumisorganite haiguste, ahondroplasia, spondüliitia, radikuliidi, müosiidi, migreeni, peavalu ja hemorroidide puhul. Shungiidipastat kasutatakse füsioteraapiliselt vaheldumisi radoonivannidega 1-5 tundi 5-6 korda. Mäluhäirete korral on samuti soovitatud juua shungiidi vett 15 päeva jooksul.

Šampoon, mis sisaldab shungiiti, omab põletiku ja seborröavastast, antiseptilist, peanahka stimuleerivat efekti ning stimuleerib samuti juuste kasvu ja toimib pehme detergendifina. Šampoon annab samuti juustele läiget, suurendab kohevust ja säilitab juuste naturaalse värvi. Samuti on kasutatud seda desinfitseeriva detergendifina. Kosmeetikas kasutatakse seda desinfitseeriva kosmeetilise aluse koostisosana. Väidetavalt parandab selline kosmeetika ka hormonaalset regulatsiooni nii meestel kui naistel.

Kipsil baseeruv shungiiti sisaldav komposiitmaterjal omab tähtsust nii ehituses kui meditsiinis (biotsiidne ja antiseptiline toime). Farmakoloogias on shungiiti kasutatud enterosorbendi koosseisus, mis omab antioksüdatset toimet ja parandab samuti seedetrakti olukorda. Shungiiti on kasutatud ka silmatilkade valmistamisel.

Ühes patendis on kirjeldatud shungiidi lisamist sigaretilfiltritesse, mis ilmselt kaitseb suitsetajat.

Shungiiti sisaldav ultradispergeeritud Cornu Cervi Pantotrichum pulber omab tugevat bioaktiivsust.

Põllumajandus

Shungiiti on kasutatud muldade lupjamiseks ja mineraalväetisena (multš-väetis). Shungiiti on efektiivselt kasutatud taimekaitsevahendite nagu fungitsiid, pestitsiid jt kandjana. Manustamine polaarrebastele suurendas nende karva kvaliteeti. Shungiit omas positiivset toimet ka kariloomade ja kodulindude sööda koosseisus (2 – 8%) ja loomade ning inimeste toidulisandi Legran koostises.

Komposiitmaterjalid polümeeride keemias

Süsinikmaterjalid on leidnud laialdast rakendust kummi ja teiste polümeeride tootmiseks täiteainena. Sellel eesmärgil on edukalt kasutatud ka shungiiti tahma asemel. Shungiidi lisandiga polüpropüleeni, polüamiidi, ABS plastiku, taaskasutatava polü(etüleenetereftalaadi), polükarbonaat/ABS plasti-sulamite jpt mehhaaniliste, elektriliste ja töötlemise omadusi on põhjalikult uuritud. Shungiiti on kasutatud elektritjuhtivate ja magnetvälja ekraneerivate lakkide ja värvide valmistamiseks, tulekindla polüamiidi baasil valmistatava komposiitmaterjali koosseisus koos alumosilikaadiga ja biodegradeeruva hüdroksüpropüültselluloosi komposiidis, vähendamaks biodegradeeritavust ja tugevdades kilet. Mitmetel juhtudel (näit. polüpropüleeni, polülaktaadi jt korral) suurendab shungiit polümeerahelate omavahelist adhesiooni, suurendades sellega oluliselt materjali mehhaanilisi omadusi (tõmbetugevus) ja elektrijuhtivust. Samuti muudab shungiidi lisamine mitmed polümeerid paremini töödeldavateks. Shungiit aitab näiteks parandada polümeeride (PP) kristallumist. Muud süsiniknanomaterjalid on suuremahulise polümeeritootmise jaoks liiga kallid, kuid shungiidi suured varud ja lihtne kättesaadavus muudavad shungiidi atraktiivseks materjaliks selles valdkonnas.

Keemiatööstus

Shungiiti on kasutatud fosforhappe tootmisel ja koksi asemel fosfori tootmisel redutseerijana, sünteetiliste teemantite valmistamisel, elektroodimaterjalina mitmesugustel elektrosünteesidel (Kolbe süntees), räninitriidi valmistamisel, katalüsaatorina 1,3-heksadieeni sünteesil ja tsükloheksanooli dehüdrogeenimisel, SO₂ ja CO eemaldamisel gaasisegust (Cu-shungiit). Shungiiti võib kasutada CO ja NO_x ning aromaatsete ühendite oksüdatiivseks dehüdrogeenimiseks katalüsaatorina, kui seda on eelnevalt termiliselt aktiveeritud. Shungiit on kasutatav anioonvahetajate valmistamiseks, kuid toimib ka naturaalselt anioonvahetajana. Vase sadestamisel shungiidi pinnale, saadakse materjal, mis toimib katalüsaatorina ja samuti elektromagnetkiirguse ekraaneerijana. Samasugust tüüpi materjale on tehtud ka nikli sooladest. Taimsete ja mineraalsete õlide selitamiseks kasutatakse shungiidi komposiiti magneesium- ja titaanhüdroiididega. Shungiit on näidanud häid omadusi jõutakistite valmistamisel komposiitmaterjalina ja lähteainena süsiniknanotorude valmistamisel.

Energeetika

Shungiiti on kasutatud ka raiskavalt kütusena ja gasifitseerimiseks. Teatud töötlemise tulemusel saadud shungiiti on võimalik kasutada vesinikusalvestina, katalüsaatori kandjana metaanist kütuste valmistamisel, kütuselementide valmistamisel, päikesepatareide koostises ning mittelineaaroptiliste materjalide ja fotojuhtmaterjalide koosseisus.

Shungiiti sisaldavad mõned hõõrdumisvastased katted, kulumise, ilmastiku ja keemilise korrosioonivastased komposiitkatted ja seda on kasutatud ka tulekustutuspulbri koosseisus.

Raketikütustega kokkupuutunud tahkete pindade ja pinnase detoksitseerimiseks. Toksiliste metallide (Zn, Cd, Hg) sidumiseks.

7. Kokkuvõte

Shungiit esineb küll mitmel pool maailmas, kuid suurim leiukoht on siiski Onega järve põhjapiirkond. Kuna Shungiidi varud on tohutud, siis tuleb seda vaadelda kui tehniliselt olulist materjali, mille mastaapsemaid rakendusi saab ja tasub planeerida. Samas ei teki shungiiti teadaolevalt oluliselt juurde, võibolla ainult mingil määral mõnelpool seoses vulkaanilise tegevusega.

Shungiit on keerulise koostise ja struktuuriga mineraalne materjal, mille koostis ja omadused sõltuvad leiukohast, peenendusastmest ja töötlemismeetoditest. Shungiidi struktuur on väga keeruline ja sisaldab mitmesuguseid alamstruktuure, mis leiukohast sõltuvalt üsna tugevasti varieeruvad. Sellest tingitult on materjalis mitmesuguse kuju ja suurusega poore, mis omakorda loob võimalused erinevate ainete spetsiifiliseks adsorptsiooniks. Shungiidi pind on funktsionaliseeritud karboksüülrühmadega. Shungiit sisaldab märkimisväärsel hulgal ka räni ja metallide (Al, Fe, Ca) oksiide ja silikaate ning samuti arvukalt mitmesuguseid muude elementide ühendeid mikrokogustes, kaasa arvatud väärismetalle.

Vaatamata rohkem kui 100-aastasele tuntusele on shungiidi pinnaomadusi, poorsust ja ka keemilisi ning bioloogilisi omadusi suhteliselt vähe uuritud.

Shungiiti on edukalt kasutatud metallurgias, ehitustegevuses, vee puhastamises ning ka meditsiinis. Viimasest on tuntuim rahvameditsiinis kasutatav shungiidi leotamisel saadud vee kasutamine antiseptilistel jms eesmärkidel.

Arvestades praegust äärmiselt intensiivset materjaliteaduse ja energeetikas kasutatavate seadmete (näit. kütuselemendid, superkondensaatorid jt) arengut, on shungiidil kindlasti väga suured perspektiivid. Ka meditsiiniliste ja veterinaarsete rakenduste osas on võimalik arendada välja väga tugeva antibakteritsiidse toimega preparaate. Seejuures vajavad väljatöötamist reprodutseeritava koostise ja omadustega preparaadid. See eeldab komplekseid uuringuid shungiidist eraldatavate komponentide (fraktsioonide) ja nende eraldamise meetodite kohta, nende säilivuse ja toimemehhanismide kohta.