

СУДАЛГААНЫ ӨГҮҮЛЭЛ

ЗАВХАНЫ САВЫН БАКТЕРИЙН ҮҮСЭЛТЭЙ ВИВИАНИТАТ БА КОЛЛОФАНИТ ФОСФОРИТ, БИОМЕТАЛЛОГЕНИЙ ОНЦЛОГ

Д.Доржнамжаа¹ | Б.Энхбаатар^{1,2*} | Г.Алтаншагай^{1,2}

¹ ШУА-ийн Палеонтологийн хүрээлэн, Улаанбаатар, Монгол улс

² МУИС, ШУС, Геологи, Геофизикийн тэнхим, Улаанбаатар, Монгол улс

Abstract

Хүлээн авсан: 2020.10.07

Засварлагдсан: 2021.04.05

Зөвшөөрөгдсөн: 2021.05.02

Түлхүүр үг: фосфорит, вивианит, коллофанит, карбонат хуримтлал, цианобактери, биометаллогени

Харилцах зохиогч: Б.Энхбаатар
ШУА-ийн Палеонтологийн
хүрээлэн, Улаанбаатар, Монгол
улс
Имэйл: enkhbaatarb@mas.ac.mn

The Zavkhan phosphate basin has been discovered by us as a result of many years' standing scientific research. This basin locates in the west of Mongolia within the territory of Zavkhan and Govi-Altai provinces inclusive 24000 km² of the square. In this basin phosphorite or stone of fertility was accumulated approximately 600-500 m. y. ago. The geologic history of the basin gives a possibility to correlate with 80 world phosphate basins. A phosphate-bearing series of deposits in the Ediacaran-Lower Cambrian Tsagaanolom and Bayangol formations has been described. The structure and composition of the Zavkhan phosphate basin are shown to be essentially similar to the phosphate series of the main part of the Khubsugul and Karatau phosphate - bearing basins. In lithology and geochemistry, the Tsagaanolom carbonate formation is distinctly subdivided into dolomite under-phosphoritic, phosphoritic and over-phosphoritic members. Clastic sediments of the Bayangol formation contain stony or black metaphosphoric occurrence with a high content of Al₂O₃ (up to 15-33%) and also pyritiferous gold, silver-bearing mineralization of sulfosalt type. Biogenesis (cyanobacterial mat) of Zavkhan phosphate basin is established as it is exemplified in the Alagiin Davaa, Tsakhir Uul and Khundlun Uul deposits as in the Bayangol and Khevtee Tsakhir Nuruu occurrences within the Khasagt Khairkhan mountain and Zavkhan river area. Bacteria are responsible for the formation of some minerals and elements such as phosphorite, iron, uranium, sulfide, Al, S, Mn, Ta, Nb and can concentrate economically important ores such as coal, oil, gold, also silver.

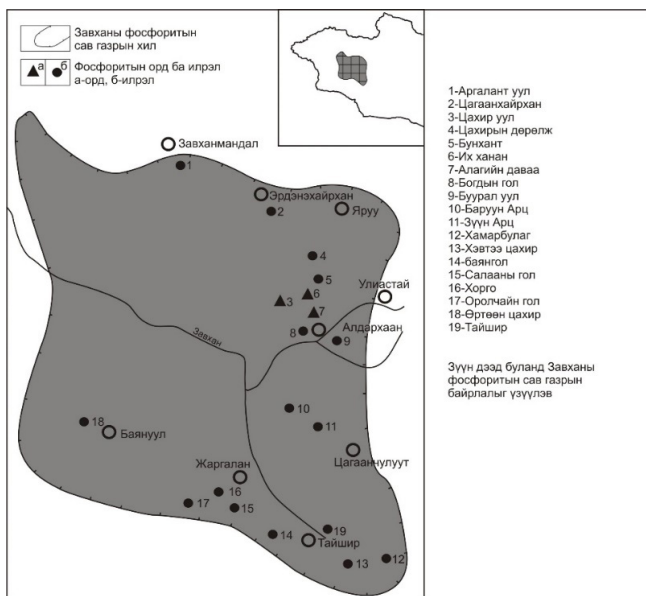
1. ОРШИЛ

Баруун Монголын хэмжээнд фосфорит илэрч судлагдсан, үлэмж ирээдүйтэй гол талбай бол Завханы фосфоритын сав мөн. Энэхүү сав газар нь засаг захиргаа, газар зүйн байрлалын хувьд Завхан (Завханмандал, Эрдэнэхайрхан, Яруу, Алдархаан, Цагаанчулуут, Шилүүстэй сумдын нутаг), Говь-Алтай (Тайшир, Жаргалан, Баянуул, Есөнбулаг сумдын нутаг) аймгуудын нийт 24 000 км² газар нутгийг хамарсан аугаа их үржил шимийн чулуулагийн арвин нөөц бүхий (нэг тэрбум тонноос илүү нөөцтэй байж болох) байгалийн зүйрлэшгүй объект газар мөн болох нь тогтоогдсон (Зураг 1). Түүнийг Д.

Доржнамжаа, Л.Очир (1984) нар анх нээн илрүүлсэн учиртай. Газрын элгэн хаданд фосфортой 260-аад эрдэс бодис агуулсан чулуулгаас зөвхөн фосфорит, апатит хоёрыг л үйлдвэрлэлийн түүхий эд болгон хэрэглэдэг. Фосфоритыг эрдсийн бордоо, фосфорын хүчил үйлдвэрлэхэд голлон ашиглаж байлаа. Түүнээс гадна хүдэр болон хагас боловсруулсан бүтээгдэхүүнийг шар фосфорын үйлдвэрт, эмнэлэг-биологийн зориулалтанд, чүдэнз, зургийн хальс, хуванцар, нийлэг каучук, угаалгын болон шавж устгагч бодис, сахар, ундаа зэргийг бэлтгэхэд, хүнсний зүйл консервлоход, будаг, лак, арьс шир, нэхмэлийн болон тийрэлтэт онгоцны үйлдвэрт хэрэглэнэ. Сүүлийн жилүүдэд хэрэглээний өсөлттэй

уялдан фосфорын бүтээгдэхүүний хэмжээ дэлхийн зах зээлд жилдээ 10-15 хувиар өсөх боллоо. Завханы фосфоритын сав газар нь монгол орны хувьд уул-химийн үйлдвэрлэлийн суурь бааз болохын

хамт газар тариалангийн эकोбордооны чухал түүхий эд болох нь эргэлзээгүй юм. Энэ чиглэлээр фосфоритын ордын нарийвчилсан судалгаа хийж техник эдийн засгийн тооцоо хийх нь чухал юм.



Зураг 1. Завханы савын фосфоритын орд, илрэлүүдийн байршилтын бүдүүвч

Фосфорит маргаашийн “талх, мах” мөн гэдэг мэргэдийн үг ч зайлшгүй үнэн. Дэлхийд өнөөдөр нэг жилд 100 сая тонноос багагүй хэрэгцээтэй байдаг хоёрхон түүхий эдийн нэг нь фосфорын бордоо мөн билээ. Энэ утгаараа түүнийг зах зээлийн шаардлага, ард түмний амьдралын эрэлт хэрэгцээнд нийлүүлж үр шимийг нь хүртэх явдал зайлшгүй ач холбогдолтой нь ойлгогдож байна. Дотоодын хэрэгцээнд шаардлагатай олон мянган тонн эрдэс бордоог гадаадаас худалдан авахгүйгээр үндэснийхээ бордоог хэрэглэвэл өндөр ургац бүхий үр тариа (улаан буудай, вандуй, овъёос, арвай, амурын шар буурцаг гэх мэт), төмс, хүнсний ногоог арвинаар хураан авч газар тариалангийнхаа бүтээгдэхүүнийг хурдацтай өсгөх, улмаар экспортлоход ч нэн ач холбогдолтой. Фосфорын бордоог зөв технологиор нь бордоход 1 га газраас 40 хүртэлх центнерийн үр тариа авах боломжтой гэж үздэг. Манай оронд газар тариалангийн талбай Хөвсгөл, Төв, Сэлэнгэ,

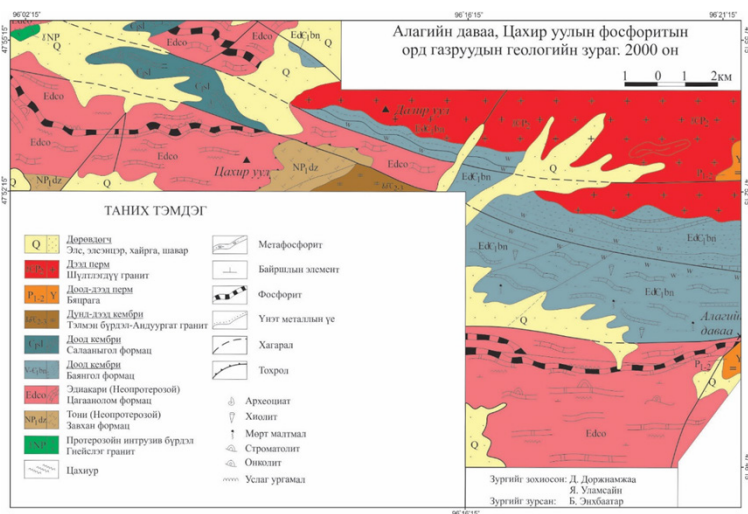
Булган аймгуудын багавтар нутгийг эс тооцвол тийм ч элбэг биш, хөрсний эвдрэл, илэгдэл, хуурайшилт, элсний нүүдэл жилээс жилд өсөн нэмэгдэж байгаа нь бодит зүйл юм.

2. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

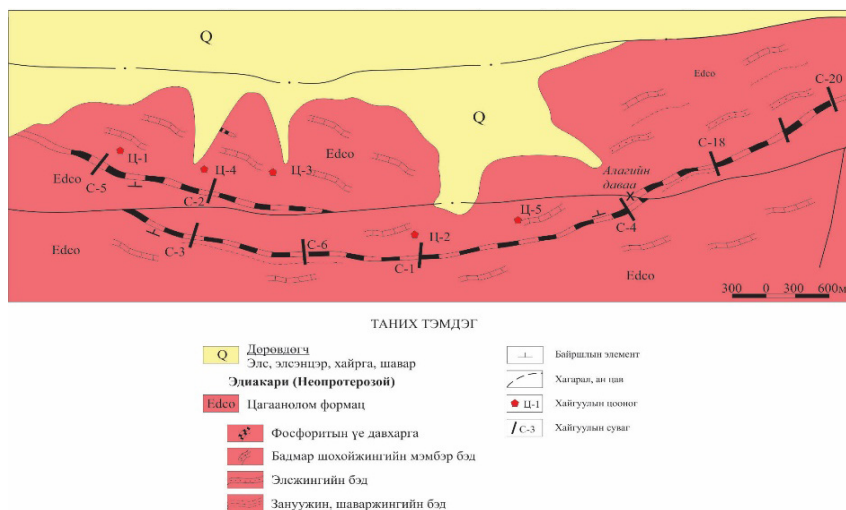
Нийт 20 орчим орд, илрэл газрыг багтаасан бүхэл бүтэн сав газрыг ШУА-ийн Геологийн хүрээлэнгээс 1990-1997 онуудад гүйцэтгэсэн шинжлэх ухааны суурь (онол) судалгааны үр дүнд нээн илрүүлэн, улмаар Сингапурын хувийн хөрөнгө оруулалтаар эрэл-хайгуул явуулж нөөцийг нь бодсон цорын ганц стратегийн ач холбогдолтой ашигт малтмалын үнэт түүхий эд гэдгийг зориуд дурдах ёстой. Аливаа үйлдвэрлэлийн байгууллагаас улсын мөнгө, хөрөнгөөр түүнийг эрж олох, хайгуул явуулах, нөөц тогтооход тодорхойлон оролцоогүй. Энэ утгаараа тус объект нь оюуны хөрөнгө оруулалтын бодит үлгэр жишээ болсон

юм. Ийнхүү 1997 оны 8-12-р сард Завхан аймгийн Алдархаан сумын нутаг дахь Алагийн даваа, Яруу сумын нутаг дахь Цахир уулын фосфоритын орд газарт Сингапурын хувийн хөрөнгө оруулалтаар явуулсан эрэл-хайгуулын ажлын явцад ерөнхий эрэл, геофизик, уулын өрөмдлөг, суваг малталтын шаталсан ажлуудыг гүйцэтгэлээ (Уламсайн нар, 1999). Уулын өрөмдлөгөөр таван цооногийг 23-112 метрийн гүнд явуулж 10-45 метрийн

урттай, 1-3 метрийн гүнтэй 20 орчим суваг малталтыг хийснээр фосфоритын хүдрийн байршилтыг хөрсөн доорх нөхцөлөөр нь танин мэдэж нөөцийг нь нягтлан тогтоох, хүдрийн бүтэц, агуулгыг газрын хэвлийд оршин тогтнож буй онгон төрхөөр нь магадлан тодорхойлох боломжид хүрсэн (Зураг 1, 2). Өнөөдрийн төвшинд Завханы фосфоритын сав газарт 20 орчим орд, илрэл ийнхүү нээгдэн судлагдаад байна.



Зураг 2. Алагийн даваа, Цахир уулын фосфоритын орд газруудын геологийн зураг (Доржнамжаа нар, 2001)



Зураг 3. Алагийн давааны фосфоритын хүдрийн үе давхаргуудын тогтоц ба хайгуулын цооног, сувгуудын байршил (Доржнамжаа нар, 2001)

3. ТЕКТНИК БҮТЭЦ, ХӨГЖЛИЙН ӨВӨРМӨЦ ОНЦЛОГ, ФОСФОРИТ ҮҮСЭЖ ХУРИМТЛАГДАХ БОЛСОН ҮНДСЭН ХҮЧИН ЗҮЙЛ

Тус сав одоогоос 500 сая жилийн тэртээ гүехэн устай шельфийн тэнгисийн нөхцөлд фосфатын арвин хэмжээний үе давхарга бүхий тунамал чулуулгийг хуримтлуулсан зүй тогтолтой томоохон бие даасан геологийн бүтэц мөн (Доржнамжаа нар, 2018). Сав газар тектоник байгууламж, стратиграфи, геологийн бүрдэл, фосфатын найрлага, бүрэлдэхүүнээрээ Хөвсгөл, Янзцы, Жоржиа, Каратаугийн сав газруудтай нэн төстэй. Геологийн бүтцээр энэ нь Завхан буюу Байдрагийн хэмээх эртний бичил тивийг хучаасласан нуур, тэнгисийн үүсэлтэй чулуулгаас биежсэн, олонх судлаачдын хүлээн зөвшөөрснөөр Завханы бүсэнд байршигч Цагаан-оломын хэмээх шельфийн хотгор байгууламжтай уялдан тохирно (Доржнамжаа нар, 2018). Тогтоцын хувьд нэлээд энгийн байрлалтай, ихэнхдээ моноклинал налуу (15°-25°) хазайлт бүхий үе давхаргатай, баруун болон баруун өмнөд хэсэгтээ “Нуурын бүс”-тэй хиллэх ба харин зүүн, зүүн-хойд хэсэгтээ Буянт, Тэлмэн, Сонгино мэт эртний блоклог огшмол бүтцүүдээр тусгаарлагдана. Шинэхэн тектоникийн үйл явц зонхилсон баруун хэсэгт нь атираашилт нэлээд эрчимжсэн ба дээш, доошоо өргөгдөх ба хотойх үйл явц илэрсэн онцлогтой. Энэ нь голдуу кайнозойн эрин галавуудын үед үүссэн том, жижиг хөндийнүүдээр ажиглагдана. Хронологийн дарааллаар эдиакарын буюу хожуу неопротерозой-доод кембрийн цаг үед Сибирийн платформ, Хөвсгөлийн хотгорт хуримтлагдсан субплатформын хучаас болсон арвин хэмжээний карбонат тунадасжилтын нэгэн адил Цагааноломын хотгорт тэнгисийн трансгрес хүчтэй явагдаж гүехэн тэнгисийн (шельфийн) фосфорит бүхий карбонат-терриген хурдас эрчимтэй хуримтлагдах болжээ. Үүнийг Цагаанолом, Баянгол, Салааныгол формацуудын хурдас чулуулаг илэрхийлнэ. Тектоник байгууламжийн үндсэн шалгуур

нь Хүнгүй, Завхан голуудыг дамнан байрласан Завханы шельфийн хотгор буюу бүсийг хэлбэржүүлэгч Цагаан-Олом, Баянгол формацуудын энгийн байршилтай карбонат-терриген хурдсын үе давхаргууд болно. Өөрөөр хэлбэл Төв Монголын бичил тивийн баруун зах хормойд цагааноломын карбонат платформ оршин тогтнож фосфат хуримтлагдах биометаллогений өвөрмөц орчин нөхцөлийг ийнхүү хангаж байжээ (Доржнамжаа нар, 2001, 2018). Монгол орны уламжлалт палеонтологийн суурь судалгаанд бактерийн палеонтологи гэсэн шинэ чиглэл хөгжих болсон билээ (Доржнамжаа нар, 2018, 2019). Энэ нь манай орны уул-геологи, хими-биологи, палеонтологийн суурь судалгааг улам ойртуулан нягтруулж нэгдсэн үр дүнд хамтаар хүрэхэд зарчмын ач холбогдолтой гүүр холбоос, бодит жишээ нь болж өгнө. Ингэж чадваас геологи болон микробиологийн уулзвар дээр эргэж буцалтгүй тохиолдсон бодит үзэгдэл, хөгжлийн зүй тогтол, ялангуяа тунамал чулуулагтай холбогдож үүссэн ашигт малтмалын орд газар, эрдэс баялгийг шинээр нээн илрүүлж цогцлон судлахад ямар үр нөлөө, үүрэг ач холбогдолтой болохыг уг үндсээр нь нарийвчлан магадлах боломжтой. Бактерийн палеонтологийн судалгааны өнөөгийн төвшин, гарч байгаа үр дүн бол цаашид эх орондоо биометаллогений шинжлэх ухааныг эхлэн хөгжүүлэх асар их бололцоо, боломж байгааг харуулаа гэж ойлгож болно. Геологийн микробиологи бол геологийн судалгаанд, тухайлбал төрөл бүрийн эрдэс баялгийн гарал үүсэл, хуримтлагдсан онцлог, төлөв шинж, прогноз нөөцийг илрүүлэхэд бактерийн үүрэг оролцоотойгоор магадлан судлахад оршино. Түүний литологи-фацийн гол хүчин зүйл, шалгуур нь эдиакари-доод кембрийн настай Цагаанолом, Баянгол, Салааныгол формацуудын 3000 м зузаантай фосфатаар эрчимтэй баяжсан биоген карбонат-терриген хурдас чулуулаг болно. Хоёр төрлийн фосфоритын үе давхарга судлагдсан. Нэг давхарга нь

эдиакарын настай Цагаанолом формацийн карбонат хурдсын бүхий л зүсэлтийн дунд төвшинд тогтвортой байрлагч, нийт сав газрын хэмжээнд найдвартай мөрдөгдөгч баганалаг строматолит (*Voxonia grumulosa* Kom.)-ийн үеэр дэвсгэгдсэн “фосгоризонт”-ын тэмдэгт буюу хөтлөгч үе давхраас юм. Энэ нь цахиурлаг занар, сульфидээр баяжигдсан нүүрстөрөгч арвинтай шатамхай хар занар, шохойлог элсжингийн салаавчилсан үе бүхий давхраалаг вивианитат фосфоритын давхарга болно. Фосфоритын агуулга, үе давхраасын зузаан, суналын хэмжээ харьцангуй тогтвортой юм. Энэ бүхэн нь тухайн давхраалаг байршилтай фосфоритыг эрж хайх, нягтлан судлах гол шалгуур болно. Нөгөө давхарга нь коллофанит төрхтэй метафосфорит нэртэй юм. Түүнийг хөндлөн уулын буюу их ханангийн төрлийн гэж нэрлэсэн учиртай. Энэ нь элсжинлэг буюу нягт хатуу бүтэцтэй, доод кембрийн Баянгол формацийн терриген хурдастай

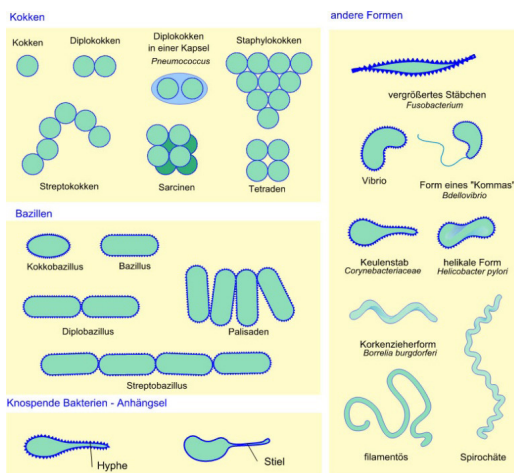
холбогдох ба тэрээр Алагийн даваа, Сахир уулын орд газар болон Алаг уул, Зүүн болон Баруун Арц уулын илрэл хэсэгт илүүтэй судлагдсан юм. Энэхүү төрлийн фосфоритын онцлог нь хөнгөн цагааны исэл өндөртэй (Al_2O_3 -15-33%), хар өнгийн, фосфатын мөхлөг нь мөлгөржсөн төрхтэй, зарим хэсэгтээ глауконитын хольцтой шаварлаг бүтэцтэй юм. Хүдрийн зонхилох эрдэс-хөнгөн цагааны болон төмөр, фосфатын нэгдэл, наанги шороо ба харин хоёрдогч эрдэс-цахир, аргай, гидрослюд, бусад хольц болно. Ялангуяа энэ төрлийн фосфоритыг бордооноос гадна эмнэлэг-биологийн зориулалттай түүхий эд хэмээн ойлгож болно (Зураг 4). Өнөөдөр Францад фосфалюгель (phosphalugel) гэсэн эм үйлдвэрлэж байна. Иймд тухайн төрлийн фосфоритыг эмийн үйлдвэрлэл-биотехнологийн үүднээс нягтлан судлаж инновацийн бүтээгдэхүүн болгох бүрэн боломжтой гэж үзэх үндэстэй.



Зураг 4. Фосфатын хольцтой хөнгөн цагааны гидроаргиллит зонхилсон үелэг тогтоцтой коллофанит ($Ca_3P_2O_8 \cdot 2H_2O$) хүдрийн хэв шинж. Хөндлөн уулын орд. Д.Доржнамжаа, 1997 он

Одоогоор 100 гаруй эрдэс бодис биоген гарал үүсэлтэй болох нь олон эрдэмтдийн сүүлийн 30 гаруй жилийн судалгаагаар батлагдаж хүлээн зөвшөөрөгдөөд байна (Lowenstam, Weiner, 1989; Banfield, Nealson, 1997; Tazaki, 1997; Rozanov, 2002). Тухайлбал зэс, алт, мөнгө, хүхэр, цагаан алт, шунгит, цахиур зэрэг шижир махбод, сульфид (хүхэр, металлын нэгдэл)-ын 20 гаруй эрдэс, оксид, гидрооксидын 25, царууц (силикат)-ын 10 гаруй, карбонатын 9, фосфатын 7, сульфатын 5, шеелит, цийлэг, хурган чихний хүчлийн давс (оксалат)-ны 5 эрдэс, элемент бичил биетнүүдийн амьдрахуйтай гарал үүслээр шууд холбоотой юм (Доржнамжаа нар, 2018, 2019). Ялангуяа нүүрстөрөгч, нүүрсустөрөгч, хүхэр агуулдаг ашигт малтмалаас шатдаг занар, бал чулуу, фосфорит, алт, мөнгө, газрын тос, байгалийн хий, уран, зэс, цайр, төмөр, хөнгөн цагаан, нүүрсний орд газруудыг онцгойлон дурьдах ёстой. Эдгээрээс энэхүү өгүүлэлд фосфорит, түүнтэй холбогдсон тионт бактери болон биометаллогений асуудлыг авч үзэх нь зүйтэй гэж үзэв.

Бактерийн палеонтологийн шинэ чиглэлийн судалгааны тодорхой үр дүн бол түрүүн эгнээнд байгалийн шинжлэх ухаанд цоо шинээр хөгжих болсон бактериийн палеонтологийн шинжлэх ухааны үндэс суурь нь зөвхөн монгол орны давхраалаг тогтоцтой неопротерозой-кембрийн настай фосфоритоос эхлэлтэй болох нь батлагдсан. Түүний баталгаа нь гурван тэрбум тонны нөөцтэй Хөвсгөлийн фосфоритын сав газар болон нэг тэрбум тонны нөөцтэй Завханы фосфоритын сав газрын хүдэржилт биоген буюу бактериийн гаралтай болсноор тодорхой болов (Zhegallo et al., 2000; Астафьева и др., 2011; Розанов, 2016; Доржнамжаа нар, 1980, 1982, 2001, 2018, 2019; Dorjnamjaa, 2016; Dorjnamjaa et al., 2019; Anderson et al., 2018). Бактери бол амьтан ч биш, ургамал ч биш, өчүүхэн жижиг дан эст бичил биетэн буюу микроорганизм юм (Зураг 5).



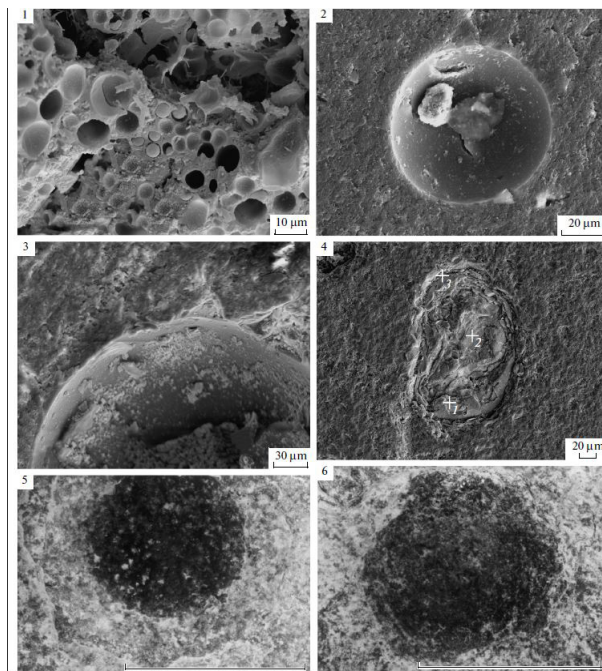
Зураг 5. Эх дэлхийд анх амьдрал үүсэж бүрэлдэхэд үндсэн үүрэг нөлөө, үр дүн үзүүлсэн бактери буюу бичил биетний үндсэн төрөл (Доржнамжаа нар, 2019).

Бактери бол 3 янзын үндсэн төрлөөс бүрэлддэг: 1.Кокки буюу бөмбөлөг, 2.Басилли буюу саваалаг, 3.Спирилла буюу хялгасан утаслаг-эргүүлэг (муруй сарий). Эдгээр үндсэн төрлүүд дотроо олон янзын дүрс хэлбэртэй юм. Эдгээр нь биеийн гадуураа өргөслөг ялтсан бүрхүүлтэй байдаг онцлогтой.

Бактери нь манай дэлхийн хамгийн эртний амьд организм, түүнд прокариот болон бөөм бүхий эукариот хамаарагдана. Хязгааргүй тархалтын онцлогоороо, түргэн үрждэгээрээ, дурын орчин нөхцөлд амьдрах чадвартайгаараа, органик бус уулын чулуу, эрдсийг үүсгэдэгээрээ, өөрөөсөө органик эрдэслэг бодисыг төрүүлдэг гайхамшигаараа онцгой ялгаатай буюу түүнтэй тэнцэх ямарч хүчин зүйл энэ ертөнцөд байхгүй. Өнөөгийн судалгааны төвшинд 2000 гаруй төрөл зүйл шинжлэх ухаанд тогтоогдсон гэж үздэг. Бактериас S, P, C, O, N, H гэсэн амьд матери төрөн гарсан зүй тогтолтой, улмаар битумын бүтээгдэхүүн үүсдэг онцлогтой. Битумын бүтцэнд CH₄ (метан буюу намгийн хий), H, S, N, O, металлын хольц оролцдог. Бактерийн ертөнц “Дэлхий гараг” дээрх анхны биобиетний эхлэл мөн бөгөөд унаган байгаль оршин тогтнож эхэлсэн цагаасаа эхлэн аливаа амьд биесийг төрөх,

амьдрах, удам угсаагаа үлдээх, мөхөж мөнхрөх гэсэн дэс дараалсан горимоор хөгжих хуулийг журамласан юм. Энэ хууль ёсоор биоертөнцийн хөгжил бактерийн төвшингөөс эхэлж улмаар ургамлын ертөнц, амьтны ертөнц, эцэст нь хүн төрөлхтний ертөнц гэсэн шим ертөнцийн

зүй тогтлоор хувьсан өөрчлөгдсөн жамтай. Энд цагаанолом формацийн фосфорит, түүнийг агуулагч чулуулгаас илэрсэн цианобактери болон фосфатлаг зарим малтаасыг жишээлэн харуулья (Зураг 6, 7, 8).



Зураг 6. А.Завханы фосфоритын сав газар, цагаанолом формацийн фосфоритоос илэрсэн цианобактери (*Tasmanites mongolicus* Ragozina sp. nov.),



Зураг 7. Фосфоритын хүдрээс илэрсэн сараалжин биет амьтны үлдвэр (хиолит, анабаритес хэв шинжит малтаас



Зураг 8. А. Цагаанолом формацийн 9-р үенд байршигч фосфатжисан строматолит (*Voxonia grumulosa* Kom.) хадгалагдсан гарш, тэдгээрийн босоо огтлол дээрх морфологи шинж. Б. Строматолитын хөндлөн огтлол дээрх товчон дүрсүүд. Строматолитын колони буюу ганцаарчилсан бут сөөгөөр ургаастай босоо дүрсүүдийн гарш. GPS: 46° 42' 42"; 96°18'44" (1857 м)

4. БИОМЕТАЛЛОГЕНИЙ СУДАЛГААНЫ МӨН ЧАНАР БА ХҮЧИН ЗҮЙЛ

Биометаллогений судалгааны үндсэн хүчин зүйл нь бактери эрдэс, чулуулагтай хэрхэн харьцаж холбогдох, явагдсан үйлдэл, үүссэн хүчин зүйлээр илэрхийлэгдэнэ. Энэхүү судалгаагаар бичил биетнүүд аливаа амьтан, ургамлын макро болон бичил малтаас, эрдэс бодис, чулуулгийн хуримтлал, нөөцлөл, эвдрэл, өгөршил, зөөгдлийн гадаргад P, Fe, S, C, O₂, H₂, N агуулсан биохальс (чийрс) үүсгэж улмаар тэдгээрийг хадгалан хамгаалахад идэвхтэй нөлөөлдөг болохыг тогтоосон учиртай. Түүнд л мөн чанар нь оршино. Тийм ч учраас олон арав, зуун сая жилээр эртний амьтны араг яс, нялцгай биетэн, тэдгээрийн үл мөр, ургамлын эд эс, үр тоос хүртэл сайтар бэхжиж уулын чулуулагт тэр чигээрээ эрин, галавуудыг дамжин гайхамшигтайгаар бүрэн бүтнээрээ хадгалагдан үлддэг байх юм. Жишээ нь аль кембрийн цаг үед амьдарч байсан үет хөлтөн буюу артропод амьтдын зөөлөн эд эс, тухайлбал бяцхан хавчаахайтны өндөг хүртэл бүтнээрээ хадгалагдан үлдсэн байдаг (Мюллер, 1982). Хасагт Хайрханы нуруунд тархалттай эдиакари-кембрийн хурдсаас илэрсэн бамбайхай, археоциат, мөрхөлтөн, бяцхан явуухай амьтад, гуурсан болон зөөлөн биет амьтдын үлдвэр, строматолит, онколит фосфатаар нэвчсэн нь тогтоогдсон (Доржнамжаа нар, 2018, 2019). Энэ бүхнийг палеонтологийн үлэмж баялаг олдвортой манай орны шим ертөнцийн судалгаа яруу тод гэрчилж байна (Монголын геологи ба ашигт малтмал, II боть, 2012; Доржнамжаа нар, 2017). Олонх бичил биетнүүд, ялангуяа чулуужмал улаг ургамал (строматолит, микрофитолит, оолит зэрэг) зэс, алт, мөнгө, төмөр, цайр, хар тугалга, уран, ванадий, шеелит зэрэг зарим металл, тэдгээрийн ионуудыг өөртөө хуримтлуулахын зэрэгцээ карбонат кальц, фосфорит, доломит, үеллэг силикат зэрэг ихэнх тунамал чулуулгийн эрдэс бодисыг бүрэлдүүлдэг онцлогтой юм (Сривастава и др., 1982). Иймээс бактерийн палеонтологи

бол биометаллогений судлагдахуунтай олон талаар нэгдмэл харилцан холбоотой буюу хамааралтай. Энэ бүхэнтэй холбогдсон онолын үндэслэл, судалгааны ажиглалт, баталгаажилт, бодит баримт материалын эх сурвалжийг бид өөрсдийн хэвлүүлсэн “Монгол орны бактерийн палеонтологи” номондоо илэрхийлэхийг хичээсэн болно (Доржнамжаа нар, 2008). Бактери (прокариот, эукариот) бол био болон геосфери, тухайлбал чулуун мандлын бүтэц дотор эргэлт буцалтгүй явагдсан биогеохимийн бүхэл бүтэн мөчлөг, түүгээр дамжин үүссэн тунадас хуримтлал, хөрс, чулуулгийн эвдрэл, задрал, өгөршилт, ялангуяа шороон үүсэлтэй тунамал ашигт малтмалын тархалт, хуримтлал, хэтийн төлөвийг илрүүлэх боломжтой геологийн феномен буюу гоц үзэгдлийн мөн чанарыг танин мэдэж тайлбарлах гол түлхүүр нь болж байна.

Сонгомол металлогени нь геометаллогени ба биометаллогени гэсэн үндсэн 2 тулгуур хэсэгтэй байх боломжтой гэж бид үздэг. Геометаллогени нь тектоник, магматизм, вулканизм, литологи, гүнийн хагарал, гидротермал, геодинамик зэрэг царцдас давхаргын хөгжлийн хүчин зүйлийн нөлөөн дор явагддаг бол биометаллогени амьтан, ургамал, бактери зэрэг шим ертөнцийн үүсжил, хөгжлийн зүй тогтлоос шууд хамаардаг онцлогтой. Эдгээр нь шинэдүү нэр томьёо, судалгаанд өргөн хэрэглэгдэж байгаагүй нь үнэн. Судалгааны талаарх зарим жишээ баримтыг дурдах нь зөв. Асгатын 10 сая тонны нөөцтэй мөнгөний орд газартай төстэй байж болох Алагийн даваа, Цахир уулын орд газарт арвин тархалттай баянгол формацийн шаварлаг тунамал хурдастай цаг хугацаа, орон зайн хувьд нягт холбоотой байж болох сульфосолийн хүдэржилттэй уялдсан алт (3,97г/т ба 6,33г/т-8,49г/т), мөнгө (8,2г/т-192г/т), хөнгөн цагаан (Al₂O₃-15-33%), сульфидын эрдэсжилтийн онцлогийг илрүүлэн тогтоох асуудал нэн чухал. Ялангуяа мөнгө-сульфосолын төрлийн хүдэржилт сульфиджисан графит агуулагч давсжилттай алевролит, хар занарын

хурдастай холбоотой болох нь илэрсэн юм. Хүдэржилтийн бүтэц бүрэлдэхүүнээс харвал, тэрээр алт, галенит, бүдэг хүдэр-прустит, теннантит $/\text{Cu}_3(\text{Sb,As})\text{S}_3/$, халькопирит, сфалерит, зэс, антимонит, сурьма, висмутын хуримтлал ихтэй, гарал үүсэлд нь метасоматик аргиллизит (кварц, каолинит, битумлэг шаварлаг эрдэс), пропицитын (пирит, кальцит, цеолит, эпидот, актинолит, шүлтлэг хээрийн жонш, услаг гялтгануур, хлорит, кварц) эрдэсжилт голлох нөлөө үзүүлсэн байх магадлалтай байв. Төсөөлөл болгон авч үзэхэд сульфосоли буюу тиосоли хүхэр агуулсан тиохүчлийн давс бүхий эрдсүүд болохын хамт дотор нь тиохүчлэл ($\text{H}_3[\text{AsS}_3]$), тиосурьма ($\text{H}_3[\text{SbS}_3]$), тиовисмутын ($\text{H}_3[\text{BiS}_3]$) давслаг эрдсүүд харилцан адилгүй оролцоно. Ийнхүү эдгээр бүх эрдсүүд дотор тионт буюу хүхэрт бактери голлон оролцдог онцлогтой. Эрдсийн бүрэлдэхүүнд Cu, Ag, Pb, Fe, бага зэргээр Hg, Ni, Mn, Tl, Zn, Co, Te зэрэг элемент, металл мөн байнга оролцдог. Сульфосоли нь гарал үүслийн хувьд ихэнхдээ гидротермал, сульфидын ордуудын исэлдлийн бүс болон стратиформын шинж төрх, тогтолцоотой гэж үздэг. Ийнхүү биометаллогений судалгааг эрчимжүүлснээр ялангуяа баянгол формацийн биоген карбонатлаг шаварлаг хурдастай Салхит, ялангуяа Асгатын алт-мөнгө-сульфосолын орд газартай төстэй шинэ төрлийн хүдэржилт тогтоогдохыг үгүйсгэхгүй. Цианобактери бүхий битумлэг карбонатын бүлэг хурдас нүүрсустөрөгчөөр арвин байхыг үгүйсгэхгүй. Бидний судалгаагаар Хасагт хайрханы нурууны баруун талд, Номгон голын хэсэгт тархалттай цагаанолом формацийн хүчтэй битумжисэн доломитын үенээс, тухайлбал 88/88 дугаартай 1108 г жинтэй сорьцонд 1989 оны 04-р сарын 06-нд Новосибирскийн “СНИИГГ, МС” хүрээлэнгийн аналитик лабораторт шинжээч М. М. Колганова-гийн тодорхойлсноор дараах үр дүн гарсан юм (Доржнамжаа нар, 2018). Үүнд, битумын хэмжээ-0,0250 г, битумын гарц-0,0304-0,0023%, $C_{\text{орг}}$ 0,43-0,68 %, C-81,3%,

H-12,96%, S-0,29-0,36% байв. Газрын тосны орд илрэл Сибирийн платформ дахь вендийн настай яг ийм төрлийн доломит-шохойжин зонхилсон битумлэг карбонат хурдас нефтийн орд газар агуулаг. Сахарын цөл дахь Алжирын Tasmanites бүхий силурийн хурдас дотроос 1979 онд л гэхэд 50 сая тонн газрын тос болон 12 тэрбум шоо дөрвөлжин метр байгалийн хий олборлосон байдаг. Австралийн Tasmanites punctatus олдвортой пермийн хурдас дотроос $C_{90}P_{132}O_{16}$ илэрсэн жишээтэй юм. Өөр нэг жишээг Бушинскийн (1969) тайлбарласан мэдээлэлд тулгуурлан дурдахад Америкийн Фосфори хэмээх орд газрын “Фосфори” формацийн фосфорит болон агуулагч чулуулагт органик бодисын оролцоо 0,4%-оос 10-15% хүрдэг. Органик бодисын элементийн агуулга гэвэл зола (үнс нурам)-2,32%, C-61,3%, H-2,62%, N-2,07%, S-7,00%, харин органик нүүрстөрөгч 2,35% хүрдэг байна. Органик бодис агуулсан дээжийг 230-500^o-т хэсэгчлэн шатааж тодорхойлсон байдаг. Тэдгээрт битум ихтэй, органик бодис агуулагч занарыг нэрэхэд нефтийн бүтээгдэхүүн 10% хүртлэх агуулгатай байсан ба занарын зарим дээжинд нефтийн хэмжээ 30 л/т хүрч байв. Ийм төрлийн байж болох хүхэрлэг битумын гарш Богдын голын дүүрэгт тархалттай цагаанолом формацийн карбонатын үе давхарга дотор мөн ажиглагдсан болно.

Зуу гаруй жилд 50 мянган тонн алтны олборлолт хийсэн Өмнөд Африкийн Витеватерсрандын орд газрын хүдэржилт баганалаг үенцэр төрхтэй бөмбөлөг болон утаслаг цианобактери бүхий биоген буюу биохомоген нүүрстөрөгчит чулуулагтай холбогдож үүссэн болох нь тогтоогдсон (Школьник и др., 2005). Карлины төрлийн 40 орд газар дэлхийн олон газар судлагдсан (Варшал и др., 1994; Гаврилов и др., 1999; Зубков, 2001; Куимова, 2004; Марченко и др., 2005). Манай орны хувьд зүүн хойноос Даланжаргалангаас баруун урагш Хулд болон Өлзийт сумдын нутгийг дамнан Дэлгэрхангай сумын нутаг хүртлэх 400 гаруй км газарт сунаж тогтсон Дундговийн

эдиакари-кембрийн занар-карбонатын бүсийг ирээдүйтэй гэж үзнэ. Учир нь Бүрэнхааны фосфоритын ордод нөөцийн хайгуул хийсэн геологич П. В. Осокинтой хамт 1986 онд Гурвансайхан, Өндөршил, Баянжаргалан, Хар-Айрагийн дүүрэгт тархалттай карбонат хурдсын литологифацийн судалгаа хийх явцад нүүрстөрөгч-сульфид-сарнимал тоосонцор алтны үе давхраас илэрч байсан баримтыг бид мартаж болохгүй юм. Алтны хүдэржилттэй мөнгө хамтаар үүсэж бүрэлдэн оршдог зүй тогтолтой. Америкийн Юта штатын улаан өнгийн хурдас дотроос цэвэр мөнгөний хүдэр ургамлын үлдвэрийг орлон үүссэн болох нь илэрсэн мэдээлэл бий (Шнейдерхен, 1959). Дундговийн бүсэнд оршигч Салхитын мөнгөний орд газрын одоогийн мэдэгдэж буй 808,3 тонн мөнгө, 1117 кг алтны нөөц бүхий хуримтлал, орон зайн тархалт, үүссэн нөхцлийг тухайн бүсийн бусад ижил төстэй хэсэгт нягталж шинжлэх ухааны үндэслэлтэй прогноз үнэлгээ гаргахыг чухалчилж байна. Ялангуяа неопротерозой, палеозойн тунамал хурдастай холбогдож үүссэн уран, хайлуур жонш, төмөр, фосфат, мангааны хүдэржилтийн тархалт, байршилтын зүй тогтлыг нягтлах шаардлагатай гэж үзнэ.

5. ДҮГНЭЛТ

Монгол оронд 50 гаруй жил хөгжсөн уламжлалт палеонтологийн судалгааны хүрээнд сүүлийн 20 орчим жилд эрчимтэй явагдсан микропалеонтологийн судалгааны үр дүнд бактерийн палеонтологийн шинэ чиглэлийн үндэс сурийг тавьж чадлаа. Энэ нь манай оронд 500 гаруй сая жилийн тэртээ оршин тогтнож байсан Хөвсгөл болон Завханы шельфийн бүсэнд хуримтлагдсан давхраалаг тогтоцтой арвин нөөц бүхий фосфоритын судалгаанаас эхлэлтэй болох нь хүлээн зөвшөөрөгдөв.

Бактерийн палеонтологийн судалгааны үр дүнгээр зөвхөн фосфорит бус мөн төмөр, газрын тос, байгалийн хий, жонш, уран, алт, мөнгө зэрэг олон төрлийн эрдэс баялгийн гарал үүсэл, байршилт, тархалтын зүй

тогтол, нөөц баялгийг илрүүлэн тайлбарлах ач холбогдолтой. Үүнд л бидний эхлэн хөгжүүлэхээр зорьсон биометаллогений судалгааны мөн чанар оршино.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- Астафьева, М. М., Герасименко, Д. М., Гептнер, А. Р., Жегалло, Е. А., Жмур, С. И., Карпов Г. А., Орлеанский, В. К., Пономаренко, А. Г., Розанов, А. Ю., Сумина, Е. Л., Ушатинская, Г. Т., Хувер, Р., Школьник, Э. Л., 2011. Ископаемые бактерии и другие микроорганизмы в земных породах и астроматериалах. Научные редакторы: А. Ю. Розанов, Г. Т. Ушатинская. Москва, 170с
- Бушинский, Г.И., 1969. Формация Фосфория. Изд-во "Наука", С.30-94
- Бямба.Ж(ер.ред.), 2012. Монголын геологи ба ашигт малтмал. Палеонтологи, II боть. Улаанбаатар, 529 х
- Доржнамжаа, Д., Очир, Л., 1984. Завханы фосфоритын шинэ олдворын тухай. ШУА-ийн Мэдээ, №1, 77-79х
- Доржнамжаа, Д., Лебедько, Г. И., Лхамсүрэн, Ж., 1980. Основные проблемы геологии и рудоносности докембрия Монголии. Улан-Батор, Изд-во АН МНР, 112 с
- Доржнамжаа, Д., Коробов, М. Н., Покровская, Н. В., 1982. Биостратиграфия верхнего докембрия и кембрия Северной Монголии. Сб.: Геология месторождений фосфоритов и проблемы фосфоритообразования. Новосибирск, С.90-98
- Доржнамжаа, Д., Соёлмаа, Д., 2001. Завханы фосфоритын сав газар (фосфор, алт, очир эрдэнэ). Улаанбаатар, Эм-Си-Эс хэвлэлийн компани, 168 х
- Доржнамжаа, Д., Бат-Ирээдүй, Я., Энхбаатар, Б., Алтаншагай, Г., 2016. Монгол орны урьд кембри, кембрийн геологи ба палеонтологи. Улаанбаатар, 183х (Редактор Д. М. Воинков)
- Доржнамжаа, Д., Бат-Ирээдүй, Я., Ичинноров, Н., Энхбаатар, Б., Алтаншагай, Г., 2017. Монгол орны

- регионал стратиграфи. Улаанбаатар, 267 х (редакторы: Ё. Ханд, Г. Сэрсмаа)
- Доржнамжаа, Д., Бат-Ирээдүй, Я., Рагозина, А. Л., Алтаншагай, Г., 2018. Монгол орны бактерийн палеонтологи. Улаанбаатар, 177 х
- Доржнамжаа, Д., Бат-Ирээдүй, Я., Воинков, Д.М., Энхбаатар, Б., Алтаншагай, Г., 2019. Монгол орны бактерийн палеонтологийн шинэ чиглэлийн судалгаа ба геомикробиологийн салбар ухааны эхлэл, ирээдүй. Хайгуулчин, Үйлдвэрлэл-эрдэм шинжилгээний сэтгүүл, №60, х.51-61
- Карпов, Г. А., Орлеанский, В. К., Пономаренко, А. Г., Розанов, А. Ю., Сумина, Е. Л., Ушатинская, Г. Т., Хувер, Р., Школьник, Э. Л., 2011. Ископаемые бактерии и другие микроорганизмы в земных породах и астроматериалах. Научные редакторы: А. Ю.Розанов, Г. Т. Ушатинская. Москва,170с
- Мюллер, К., 1982. О фосфатизации мягких тканей кембрийских организмов. Геология месторождений фосфоритов и проблемы фосфоритообразования. Новосибирск, С.65
- Розанов, А. Ю., 2016. Значимые исследования в Монголии, кроме позвоночных. The International Symposium "The 70th anniversary of Mongolian Paleontological expedition of Academy of sciences, USSR". Abstract volume, Ulaanbaatar, С.61-63
- Сривастава, Н., Сайгал, Г.С., Банерджи, Д.М., 1982. Картина изменения содержания элементов в столбчатых строматолитах, межстолбчатых карбонатных и массивных фосфоритах из пород Удайпура (Раджастхан, Индия). Геология месторождений фосфоритов и проблемы фосфоритообразования. Новосибирск, С.137-145
- Anderson, R. P., McMahon, Sean. Francis., Macdonald, A. David S. Jones & Derek Briggs E. G., 2018. Palaeobiology of latest Ediacaran phosphorites from the upper Khesen Formation, Khuvsgul Group, northern Mongolia, Journal of Systematic Palaeontology, DOI:10.1080/1477201443977
- Banfield, J.F., Nealson, K.H. (eds.), 1997. Geomicrobiology: Interactions between microbes minerals. Rev. Mineralogy. V. 35. 448 p.
- Dorjnamjaa, D., 2016. Neoproterozoic-Cambrian Biostratigraphy of the Ancient Phosphate Basins of Mongolia and the Influence of Bacterial Communities on Phosphorite Accumulation: A Review. International Journal of Agriculture Innovation and Research, Volume 5, Issue 3, ISSN (Online) 2319-14735, 372-384.
- Dorjnamjaa, D., Altanshagai, G., Enkhbaatar, B., 2019. New scientific direction of the bacterial paleontology in Mongolia: an essence of investigation. Mongolian Geoscientist 49 (2019) 41-49
- Lowenstam, H.A., Weiner, S., 1989. On biomineralization. Oxford: Oxford Univ. Press. 1 . 324 p.
- RozaNov, A. Yu., 2002. Some problems of bacterial mineralization and sedimentation. Proc.SPIE .V. 4939. P.83-87
- Tazaki, K ., 1997. Biomineralization of layer silicates and hydrated Fe/Mn oxides in microbial mats an electron microscopical study. Clays and Clay Minerals. V.45(2). P. 203– 212.
- Zhegallo, E. A., RozaNov, A. Yu., Ushatinskaya, G. T., Hoover, R. B., Gerasimenko, M., Ragozina, A. L., 2000. Atlas of microorganisms from ancient phosphorites of Khubsugul (Mongolia). Huntsville, Alabama, USA, 168 p