

ДАЛАНЗАДГАД СУМЫН БОРООНЫ УСНЫ ЧАНАРЫН СУДАЛГАА

Т.Энхжаргал, С.Чинзориг, Э.Пүрэв-Эрдэнэ

ШУА, Газарзүй, Геоэкологийн хүрээлэн, УНУАСалбар

Email: enkhjargalt@mas.ac.mn, 88115564

Оршил:

Байгалийн усны тэжээлэлтийн үндсэн эх булгийн нэг болох хур борооны ус нь хүрээлэн буй орчин дахь химийн бодисын эргэлтэд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг бөгөөд усан болон экосистемд шим тэжээлийн эх үүсвэрийг бий болгодог. Хур тунадас нь агаар мандлын орчинд уусдаг хий (ихэвчлэн хүчиллэг бодис) болон тоосонцрын анхдагч шингээгч юм. Үүл доторх болон доорх процессууд нь агаар мандлын бохирдуулагчийг ихээхэн хэмжээгээр зайлуулж, борооны усны рН болон химийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг цаашид өөрчлөх боломжтой. Иймээс борооны усны найрлага нь агаарын чанарын талаарх мэдээллийг өгч, агаар мандлын бохирдуулагчийн эх үүсвэрийг тодорхойлох боломжийг олгодог [1].

Хүний үйл ажиллагаа, нийгэм эдийн засгийн өөрчлөлтөөс болж агаар мандалд янз бүрийн бохирдуулагч бодис ялгарч, борооны усны химийн найрлага өөрчлөгддөг. Ерөнхийдөө борооны усны голлох ионууд болон химийн бүрэлдэхүүн нь антропогены эх үүсвэр, хуурай газрын эх үүсвэр, далайн давсны эх үүсвэрийг илэрхийлдэг [2].

Хүрээлэн буй орчинд тохиолдох анхаарал татсан үзүүлэлтүүдийн нэг нь “хүчиллэг бороо” юм. Хүчиллэг бороо (хүчлийн бороо) буюу хүчиллэг тунадас гэдэгт рН-ийн хэмжээ маш багатай бороо, цас, шүүдэр, агаар мандалд агуулагдах хуурай тоосонцрыг багтаан ойлгоно. Өөрөөр хэлбэл хүхэр, азотын давхар исэл агаар мандалд дэгдэн, усны уурт уусаж, улмаар конденсацлагдан, рН-ын маш бага хэмжээтэй (рН нь 5.0-аас бага) хур тунадас болон газрын хөрсөнд буух үзэгдлийг хэлнэ. Энэ нь хөрс, урсгал болон тогтмол усны рН-ийн хэмжээг бууруулах ба карбонат чулуулаг, барилгын материалын өгөршлийг нэмэгдүүлэн, ой мод, усан дахь амьтан, ургамалд их хэмжээний сөрөг нөлөө үзүүлнэ [<https://en.wikipedia.org/wiki/>].

Байгалийн ихэнх бороо сул хүчиллэг байдаг ч шүлтлэг бороо нь байгалийн нөхцөлд бохирдуулагчийн нөлөөлөлгүйгээр ч тохиолдож болно. Хуурай болон хагас хуурай газар нутгаас орж буй байгалийн шүлтлэг бороо нь цөлийн хөрсний конвекцээс гарч, салхиар их хэмжээний эрдсэрхэг тоосыг зөөвөрлөх ба энэ нь усны ууртай холилдсоны улмаас үүлэнд хуримтлагдаж бороо хэлбэрээр газрын гадаргад буун хуримтлагддаг. Өөр нэг шалтгаан нь антропоген шалтгаан юм. Шүлтлэг борооны гол шалтгаан нь үйлдвэрүүд болон хаягдал ордуудаас ялгарах утаа юм. Кальцийн карбонат зэрэг их хэмжээний шүлтлэг нэгдлүүдийг агуулсан эрдсийн тоос нь хур тунадасны рН-ийг нэмэгдүүлэх нь үндсэн гол шалтгаануудын нэг юм [3]. Шүлтлэг бороог хүчиллэг борооны эсрэг гэж үзэж болно. Мөн түүнчлэн нүүрс шатаах, шохойн чулуу, хромын хүдэр, хөнгөн цагааны исэл олборлох, төмөр, ган үйлдвэрлэх зэрэг үйлдвэрлэлийн процессууд нь шүлтлэг үлдэгдэл үүсгэж бохирдуулах шалтгаан болдог [2]. Шүлтлэг хур тунадас нь борооны усны рН-ийг 8.5-10 хүртэл нэмэгдүүлж, усны экосистемд сөргөөр нөлөөлөхөд хүргэдэг. Эдгээр сөрөг нөлөөлөл нь усны амьдралд физиологийн өөрчлөлтийг үүсгэж, аммиакийн ялгарах хурдыг өөрчилдөг бөгөөд энэ нь организмд хуримтлагдахад хүргэдэг [<https://en.wikipedia.org/wiki/>].

Өмнөговь аймаг нь 2000 оноос хойш уул уурхайн олборлолт, үйл ажиллагаа эрчимтэй хөгжиж байгаа ба тэр хэрээрээ хүрээлэн буй байгаль орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөлөл ихсэж байж болох юм. Байгаль цаг уурын хувьд их эмзэг, сүүлийн жилүүдэд зуны болон өвлийн хур тунадасны хэмжээ эрс багассан ба үүнийг даган ган гачиг, хар зудын тоо олшрох, шар шороон шуурга дэгдэлтийн давтамж ихсэх, зэрлэг ан, амьтдын бэлчээр нутаг хомсдох зэрэг сөрөг нөлөөлөл үүсэх болсон. Тус аймгийн төвийн агаарын бохирдолд цаг агаарын хүчин зүйлээс гадна сум, хөдөө орон нутгаас Даланзадгадын төв рүү чиглэсэн шилжилт хөдөлгөөн ихэссэнтэй холбоотойгоор гэр хорооллын тэлэлт, яндангийн тоо, төрөл бүрийн тээврийн хэрэгсэл, машины тоо зэрэг хүчин зүйлсээс шалтгаалан агаарын чанарыг доройтуулахад хүргэж байна. Хот суурийн газрын гадаад орчинд тоос тортог, мананцартай холилдсон механик хольц, шаталтаас үүсэх хортой хийнүүд, тухайлбал, нүүрс түлшний шаталтаас үүсэх хүхэрлэг хий, азотын ислүүд, угаарын хий, нүүрсхүчлийн хий болон аммиак, озон, хүхэрт устөрөгч, формальдегид, хүнд металлууд, мөнгөн ус хар тугалга, хүнцэл, кадми, зэрэг бохирдуулагч бодисууд үйлдвэрлэл,

хүний үйл ажиллагаа, тээврийн хэрэгслээс агаарт ямар нэг хэмжээгээр ялгардаг ба энэ нь хур борооны усны чанарт нөлөөлдөг [4].

Бид энэ судалгааны ажлын хүрээнд борооны усны чанар найрлага, бохирдлыг судлах зорилгоор зуны улиралд борооны усны сарын нийлбэр тунадсыг цуглуулан авч шинжлэн судалгааны зарим үр дүнг боловсруулав.

Шинжилгээний арга:

Борооны усны сорьц цуглуулахдаа зориулалтын дээж авагч сав ашигласан ба энэ сав нь ууршилт явуулахгүй тусгай зориулалттай дээж авагч юм. Бид 2024 онд зуны улиралд орсон хур борооны 7, 8, 9-р сарын сарын нийлбэр тунадаснаас сорьц авсан. Тээвэрлэх болон хадгалахдаа Монгол улсад мөрдөгдөж байгаа стандарт, аргачлал, зааврын дагуу хийж, гүйцэтгэсэн. Суурин лабораторид физик үзүүлэлт болох усны орчин (pH), температур ($t^{\circ}\text{C}$), цахилгаан дамжуулах чанар (EC), булингар (Turb) зэргийг зөөврийн багажаар, Ca^{2+} , Mg^{2+} , CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl, ПИЧ, CO_2 титрийн арга, азотот нэгдлүүд, Fe^{3+} , SO_4^{2-} ионыг СФМ-ын аргаар, Na^+ , K^+ , бичил элемент болон хүнд металлыг 52 үзүүлэлтээр SGS олон улсын сүлжээ лабораторид тус тус тодорхойлсон болно.

Үр дүнд боловсруулалт хийх

Усыг эрдэсжилт, хатуулгийн зэрэгт үнэлгээ өгөхдөө дараах байгалийн усыг ангилсан ангиллын дагууд харьцуулж үнэлсэн (Хүснэгт 1) [5].

Хүснэгт 1. Байгалийн усны эрдэсжилт, хатуулгийн ангилал

№	Эрдэсжилт, г/л	Хатуулаг, мг-экв/л
1	Нэн цэнгэг	< 0.20
2	Цэнгэг	0.21-0.50
3	Цэнгэгдүү	0.51-1.00
4	Давсархаг	1.01-3.00
5	Давстай	3.01-7.00
6	Шорвог	>7.01

Судалгааны талбай

Өмнөговь аймгийн Даланзадгад сумын 3-р багийн нутагт хойд өргөргийн $43^{\circ}34'N$ зүүн уртрагийн $104^{\circ}25' E$ солбицолд, д.т.д 1473 метрийн өндөрлөг газарт байршуулсан борооны ус цуглуулах зориулалтын багажаар зориулалтын багажаар сорьц авсан (Зураг 1).

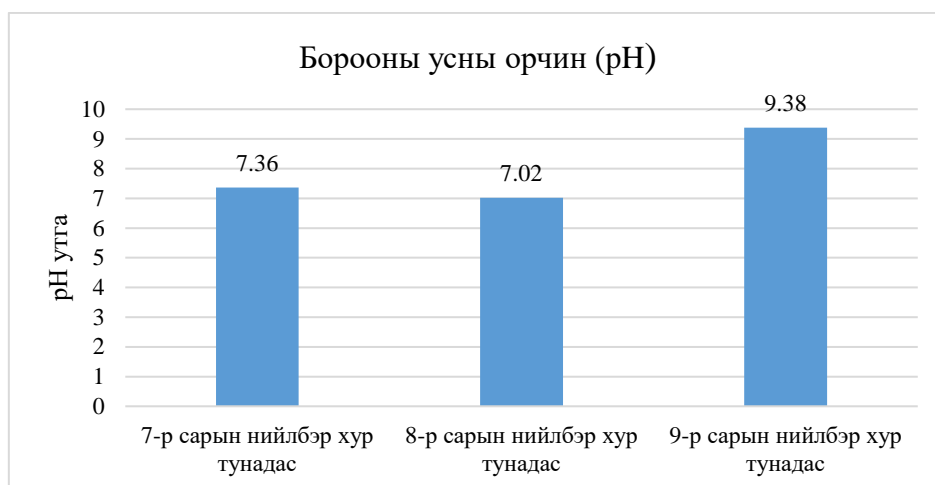


Зураг 1. Борооны сорьц авах багаж

Судалгааны үр дүн

Борооны усны цахилгаан дамжуулах чанар (EC) $25-52 \mu\text{S}/\text{cm}$, нийт ууссан хуурай бодисын үлдэгдэл (TDS) 14-29 ppm, тунгалаг (булингаршил $0.81-8.59 \text{ NTU}$), саармагаас хүчтэй шүлтлэг

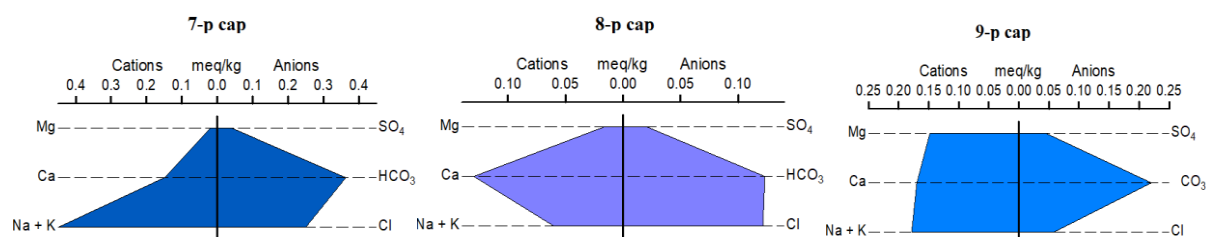
орчинтой (рН 7.02-9.38) байна. Борооны усны рН-ийн утгыг сараар харьцуулан дараах графикт харуулав (Зураг 2).



Зураг 2. Борооны усны рН-ийн утга

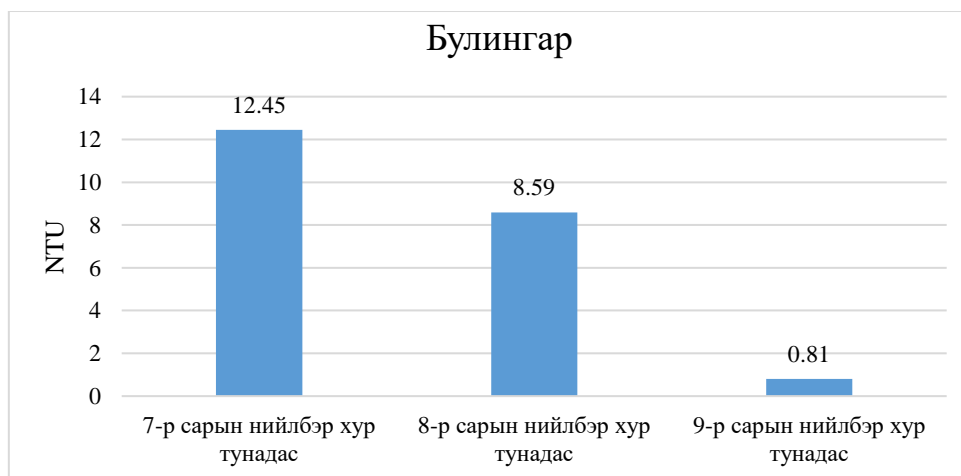
Дээрх графикаас үзэхэд Даланзадгадад орсон зуны хур борооны усны орчин рН-ийн хэмжээ нь 7.02-9.38 хооронд хэлбэлзэж байна. 7-р сард рН-ийн хэмжээ 7.36, 8-р сард түүний хэмжээ 7.02 болон буурсан бол 9-р сард рН-ийн хэмжээ 9.38 буюу хүчтэй шүлтлэг орчинтой байна.

Гидрохимийн шинж: Зуны хур тунадасны ус нь химийн бүрэлдэхүүний хувьд 7-р сард NaHCO_3 , 8-р сард NaCO_3 , 9-р сард $\text{Na}(\text{HCO}_3\text{-Cl})$ гэсэн найрлагатай байгаа ба саруудын хувьд химийн найрлагаараа ялгаатай байна. Чанарын хувьд 1-р төрлийн, цэнгэг (эрдэсжилт 20.8-40.4 мг/л), маш зөөлөн (хатуулаг 0.06-0.27 мг-экв/л) устай байна (Хүснэгт 1, Зураг 3).



Зураг 3. Борооны усны химийн бүрэлдэхүүн (Stiff diagramm)

Бохирдолтын үзүүлэлтүүд: Бохирдлын үзүүлэлтэд тоосонцрын хэмжээ буюу жинлэгдэгч бодис /булинггар/, азотот нэгдлүүд (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), хүнд металлууд ордог бөгөөд гаднын ямар нэгэн нөлөөний улмаас усанд илэрдэг.



Зураг 3. Борооны усны булинггарын хэмжээ, NTU

Борооны усанд агуулагдах булингарын хэмжээ нь 7-р сард хамгийн их илэрсэн (Turb-12.45 NTU), 8-р сард хамгийн их 8.59 NTU, 7-р сард 1.45 NTU болон буурсан үзүүлэлттэй байна. Энэ нь салхины хурднаас гадна машины хөдөлгөөн, гэр хороолол болон уурын зуухны яндангаас агаарт цацагдаж буй төрөл бүрийн хорт хаягдал, агаарын тоосонцор зэргээс шалтгаалдаг (Зураг 3).

Шим бохирдолтын үзүүлэлтээс аммонийн ион голчлон илэрсэн ба нитритийн ион илрээгүй, нитратын ион харьцангуй бага агууламжтай илэрсэн. Аммонийн ионы агууламж 7-р сард хамгийн их (NH_4^+ -1.7 мг/л), 8-р сард 1.5 мг/л илэрсэн, бохирдолт ихтэй байсан бол 9-р сард 0.1 мг/л болон буурсан үзүүлэлттэй байна. Азотот ба түүний нэгдлүүд усны найрлагад органик ба органик бус нэгдлийн байдлаар агуулагдаж уургийн задралын бүтээгдэхүүний (пептон, пептид, амин хүчил, мочевин гэх мэт) найрлагад багтан ургамал, амьтны гаралтай ялгадасай хамт усанд ордог. Зуны урын үерийн нөлөөгөөр гэр хорооллын айл өрхийн нүхэн жорлон усанд автаж халих, ил задгай шингэн ялгадасны ууршилтаар үүссэн байх магадлалтай юм.

Хүн амын өсөлт, үйлдвэрлэлийн өсөлт нь агаарын чанарт нөлөөлдөг. Агаарын бохирдол нь борооны усыг хүчиллэг орчинтой болгохоос гадна Pb зэрэг хүнд металлыг нэмэгдүүлдэг байна. Агаарын жижиг хэсгүүд доторх хортой бодисууд (Pb, Mn, Fe, Co, Cu, Cd гэх мэт) нь хур тунадасны устай хамт газрын гадаргууд буудаг [4]. Эдгээр хүнд металлын агууламж нь ямар түвшинд байгааг тодруулах, судлах зорилгоор хүнд металлын шинжилгээг 53 үзүүлэлтээр олон улсад итгэмжлэгдсэн SGS лабораторид тодорхойлуулсан ба дараах хүснэгтэд зарим элементүүдийн статистик үзүүлэлтүүдийг харуулав (Хүснэгт 3).

Хүснэгт 3. Борооны усны хүнд металлын статистик дүн шинжилгээ

Үзүүлэлтүүд	Хамгийн бага утга	Хамгийн их утга	Дундаж	Std. Хазайлт
Al	20	51	32.33	16.44
As	0.16	0.29	0.23	0.07
Cd	0.08	2.76	0.99	1.53
Cr	<10	<10	<10	0.0
Hg	<0.5	<0.5	<0.5	0.0
Mn	6.0	6.0	6.00	0.0
Mo	<0.1	<0.1	<0.1	0.0
Ni	2.7	10.5	6.33	3.93
P	68	68	68.0	0.0
Pb	<0.5	<0.5	<0.5	0.0
Sr	4	21	13.33	8.62
U	0.009	0.063	0.028	0.030
Zn	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Al	20	51	32.33	16.44

Шинжилгээний дүнгээр зуны хур борооны усанд тодорхойлсон бичил элемент буюу хүнд металлуудын агууламж нь харьцангуй бага агууламжтай илэрсэн, зуны борооны усанд хүнд металаар бохирдоогүйг харуулж байна.

Хэлэлцүүлэг

Дэлхийн гадаргын 33.5 хувийг хуурай, хагас хуурай бүс нутаг эзэлдэг бөгөөд дэлхийн агаар мандлын эргэлтийн замаар тоосны тээвэрлэлт нь олон газар нутгийн хур тунадасны рН-д нөлөөлж, хур тунадас шүлтлэгээс хүчиллэг болж саармагжихад нөлөөлсөн. Иймд хур тунадасны рН-д тоосжилтын нөлөөг үл тоомсорлож болохгүй. Эмзэг хуурай болон хагас хуурай бүс нутагт хур тунадасны рН-ийн ийм өөрчлөлтийн үр дагавар нь байгаль орчинд үзүүлэх үр дагавар нь тодорхойгүй хэвээр байгаа тул аль болох тодруулан судлах шаардлагатай байна. Борооны усны рН-ийг хуурай болон хагас хуурай бүс нутагт агаарын бохирдлын цорын ганц үзүүлэлт болгон ашиглах боломжгүй бөгөөд хүчиллэг борооны хэмжилтэд төдийлөн ашигладаггүй HCO_3^- болон CO_3^{2-} ионы хэмжилт нь бохирдол багатай бүс нутагт маш чухал болохыг харуулж байна. Шүлтлэг хур тунадас нь байгалийн болон антропоген шалтгааны улмаас үүсдэг. Энэ нь кальци, хөнгөнцагаан, магни зэрэг эрдэс бодисууд нь бусад эрдэс бодисуудтай нийлж шүлтлэг үлдэгдэл үүсгэж, агаар мандалд ялгарч, үүлэн дэх усны дусалд шингэж, эцэст нь бороо болон унах үед

тохиолддог ба шүлтлэг борооны гол шалтгаан нь хагас хуурай газарт шүлтлэг болон хөрсөөр дамждаг эх газрын тоос юм. Шүлтлэг хур тунадас нь байгаль орчинд хор хөнөөл учруулж болзошгүй тул агаарын бохирдлыг хянах, хатууруулах, тогтворжуулах, арилгах зэрэг янз бүрийн аргыг ашиглах нь чухал.

Хил залгаа Хятадын хойд болон зүүн хойд хэсэгт байрладаг, ихэвчлэн хагас хуурай газар нутагтай, эсвэл баруун хойд салхины нөлөөнд автдаг, агаарт бохирдуулагчийн ялгаруулалтын хэмжээ, концентраци өндөртэй хүнд үйлдвэрийн хотуудад хур тунадасны рН нь чийглэг субтропик уур амьсгалтай Хятадын өмнөд хэсгийн хөнгөн үйлдвэрийн хотуудынхаас үргэлж өндөр байдаг байна [2]. Хятад дахь 1997, 1998 оны хур тунадасны рН-ийн орон зайн тархалтын зурагт рН нь 7-оос дээш хэмжээтэй газар нутаг нь Хятадын хуурай болон хагас хуурай бүс нутаг болохыг харуулж байна [3]. Мөн Израил, Энэтхэг, АНУ, Африк, Испани зэрэг хуурай, хагас хуурай бүс нутаг болон дэлхийн цөлийн бүслүүрийн дагуух бусад газруудад мониторингийн явцад үе үе, богино хугацааны болон улирлын шүлтлэг хур тунадас ажиглагддаг байна. Иймэрхүү үйл явдлууд нь Африкийн агаарын зам, орон нутгийн тоосжилттой холбоотой байдаг [4].

Дүгнэлт

1. Байгалийн бороо нь ихэвчлэн сул хүчиллэг орчинтой байдаг. Бидний судалгааны дүнгээр усны орчин рН-ийн хэмжээ 7 болон 8-р сард (рН 7.02-7.38) саармаг орчинтой байсан бол 9-р сард (рН 9.38) хүчтэй шүлтлэг орчинтой байна.
2. Шинжилгээний дүнгээс харахад 9-р сарын нийлбэр борооны ус нь химийн бүрэлдэхүүний хувьд карбонатын ангийн, холимог бүлгийн, 1-р төрлийн устай байна. Анионуудаас карбонатын (CO_3^{2-}) ион зонхилж анионы харьцаа $\text{CO}_3^{2-} > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$, катионуудаас катионуудаас аль нэг катион зонхилоогүй, ойролцоо утгатай ба катионы харьцаа $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$ гэсэн дараалалтай байна. 7-р сард анионуудаас гидрокарбонатын (HCO_3^-) ион зонхилж анионы харьцаа $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$, катионуудаас натрийн (Na^+) ион зонхилж катионы харьцаа $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$ гэсэн дараалалтай байна. Харин 8-р сард анионуудаас карбонатын (CO_3^{2-}) ион зонхилж анионы харьцаа $\text{CO}_3^{2-} > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ гэсэн дараалалтай, химийн найрлагын хувьд сар бүр өөр өөр найрлагатай байна.
3. Хүнд металлын шинжилгээний дүнгээр борооны усанд хүнд металлын агууламж харьцангуй бага байна.

Ашигласан ном зүй

1. D. D. Zhang, M. R. Peart, and C. Y. Jim, Alkaline rains on the Tibetan Plateau and their implication for the original pH of natural rainfall, journal of geophysical research, vol. 107, no. D14, 4198, 10.1029/2001jd001332, 2002.
2. Gomes, Helena I, Mayes, William M, Rogerson, Mike, Stewart, Douglas I, Burke, Ian T. (2016). "Alkaline residues and the environment: a review of impacts, management practices and opportunities". Journal of Cleaner Production. 112: 3571–3582. doi:10.1016/j.jclepro.2015.09.111. ISSN 0959-6526. S2CID 52591037.
3. Zhang, D. D. Peart, M. R. Jim, C. Y. Jia, La (2002). "Alkaline rains on the Tibetan Plateau and their implication for the original pH of natural rainfall". Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 107 (D104): ACH 9.1–ACH 9.6. Bibcode: 2002JGRD.107.4198Z. doi:10.1029/2001JD001332. hdl:10722/54351.
4. Д.Гэрэлт-Од. “Улаанбаатар хот орчмын хур тунадасны химийн найрлага, чанарын судалгаа”. Магистрын дипломын ажил. Улаанбаатар Их сургууль, 2011 он.
5. Жавзан Ч, 2011. “Орхоны сав газрын гидрохими”.
6. [https://en.wikipedia.org/wiki/].