
ОРХОНЫ ХӨНДИЙД ТАРХСАН ЭРТНИЙ ХӨРС, ХЭМЭРЛЭГ ХУРДАСНЫ ШИНЖ ЧАНАР, ТҮҮНД ҮНДЭСЛЭН ХӨРС ҮҮСВЭРИЙН ҮЙЛ ЯВЦАД НӨЛӨӨЛСӨН УУР АМЬСГАЛЫН НӨХЦӨЛИЙГ ТААМАГЛАХ НЬ

М.Золзаяа¹, Т.Тэлмэн¹

¹ШУА-ийн Газарзүй-Геоэкологийн хурээлэн, Хөрс судлалын салбар

Цахим шуудан: zolzayageo@gmail.com, telmen808@gmail.com

PREDICTION OF SOIL FORMATION PROCESS IN RELATION TO CLIMATE CONDITION BASED ON CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF LOESS, SEDIMENTS, AND PALEOSOLS DISTRIBUTED IN THE ORKHON VALLEY

M.Zolzaya, T.Telmen

ABSTRACT

Northern Mongolia forms a climatic barrier between relatively humid Siberia and arid Central Asia. Therefore, the geographical position of the studied region accounts for its high sensitivity to changes in climate and becomes one of the critical regions of the paleoclimatic studies. The aim of this study is to identify chemical and physical properties of loess, sediments, and paleosols of sequence in northern Mongolia (Shaamar, S-15) and then predict the paleoclimate that affects the formation process. The sequence was sampled continuously at 10 cm intervals analyzed chemical and physical properties and the results compared with other literature to predict paleoclimate. There are 6 paleosols exposed in the section and separated from each other by loess horizons or other sediments. The texture composition consists of 28-56 % sand (mainly fine sands), 60-63 % silt. Clay content is relatively constant at every layer between 8-15 %. Organic content varies between 0.3-1.3 % in the section and all paleosols have higher value especially paleosols between 170-185 cm and 200-230 cm. The section's pH value has no sharp fluctuation, around 7.8 until 230 cm. EC value is ranging between 0.098 – 0.269 dS/m indicates there is no salt. However, layers below 230 cm, have higher pH and EC values. All paleosols contain a higher proportion of organic content, minimum salinity indicative of a warm and wet climate that favorable conditions for soil formation. The properties of depositions below 230 cm have higher salinity, pH, CaCO₃ content, and lower organic content, and have coarse sandy texture indicates that this sediment is formed in a dry climate.

ТҮЛХҮҮР ҮГ: хэмэрлэг хөрс, хэмэрлэг хурдас, лёсс, Голоцен, Орхоны хөндий, Шаамар

ОРШИЛ

Монгол орны хойд хэсэг, тэр дундаа Орхон-Сэлэнгийн сав газар Сибирийн чийглэг уур амьсгал болон төв Азийн хуурай амьсгал хоорондын хил зааг болдог учир эртний уур амьсгалын өөрчлөлтийг судлах эртний газарзүйн судалгааны голлох бус нутгийн нэг болдог. Монгол оронд эртний газарзүй, эртний мөстлөгийн чиглэлээр хийгдсэн судалгаанууд голчлон нуурын хурдас, хүлэрлэг хөрс, Алтай, Хангай зэрэг мөстлөг болж байсан өндөр уулын бус нутагт хийгдсэн байдаг. Klinge, Sauer нар Монгол оронд хийгдсэн эртний уур

амьсгалын талаарх судалгаа мэдээллүүдийн ялгааг тодорхойлох, үр дүнт нэгтгэх ажлыг хийсэн [1].

Монгол оронд хэмэрлэг (лёсс) болон лёсс маягийн хурдаснууд нэлээд элбэг байдаг ба эдгээрийн давхаргууд нь эртний хөрс болон лёсс хурдсыг хамтад нь агуулж байдаг [2]. “Хэмэрлэг бол салхин гарлын тоосны хуримтлал юм” [3] гэсэн тодорхойлолтыг өнөө үед ихэнх судлаачид хүлээн зөвшөөрч байна. Жинхэнэ хэмэрлэгийн шинж төлөв нь цайвар шар өнгөтэй, ширхгийн бүрэлдэхүүн нь том ширхэгтэй тоос

нэвтрүүлэх чадвартai, хуураи нөхцөлд эвдэгддэг, эрдсийн бүрэлдэхүүнд нь кварц зонхилооос гадна хээрийн жонш, кальцит, доломит, шаварлаг эрдэс, карбонат агуулагддаг [4]. Шаврын агууламж ихтэй, карбонатын агууламж багатай, илүү нягт байвал голчлон наскилт ихтэй алтан хэмэрлэгт байдаг [4]. Ширхгийн бүрэлдэхүүний хувьд тоос ($50\text{-}2\mu\text{m}$) давамгайлах боловч мэдэгдэхүйц хэмжээний элс ($>50\text{ }\mu\text{m}$), шавар ($<2\mu\text{m}$) агуулдаг [5]. Хэмэрлэгийн ширхгийн бүрэлдэхүүнд элсний агууламж 20%-иас илүү байвал элсэрхэг хэмэрлэг, шаврын агууламж 20%-иас илүү бол шаварлаг хэмэрлэгтэй [6].

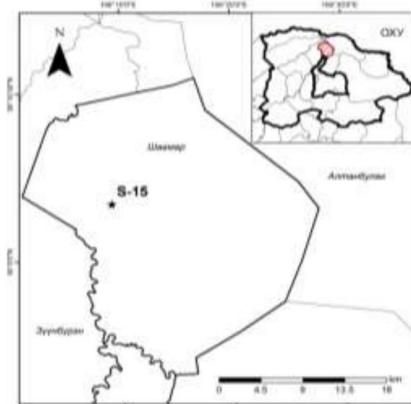
Монгол орны хээрийн хэмэрлэг шинжийн хурдасны талаар сүүлийн жилүүдэд хийгдсэн цөөн тооны бүтээлд тус бус нутгийн лёссорхог хурдасны талаар нарийвчлан судалжээ. Тухайлбал: БНХАУ-ын эрдэмтэн Feng 2007 онд Хараа гол ба Шаамар орчмыг Хятадын лёссын тэгш өндөрлөг ба Новосибирскийн өмнөд хэсгийн Сибирийн алтан хэмэрлэгийн мэдээтэй харьцуулан судлахдаа эдгээр нутгийн Голоценийн үеийн эртний хөрсний насыг цацраг идэвхт нүүрстөрөгч ($\text{C}14$)-ийн аргаар тодорхойлсон байна [7]. Мөн ХБНГУ-ын эрдэмтэд Орхон голын адаг хавийн хожуу дөрөвдөгчийн үе, ялангуяа Голоценийн үеийн ландшафтын өөрчлөлтийг авч үзэж хэмэрлэг ба хэмэрлэгдүү хурдасны 6 см гүн тутмаас дээж авч, геоморфологи, давхарга зүй, нас тогтоох нарийвчилсан шинжилгээг хийсэн нь Голоценийн үеийн уур амьсгалын түүхийг нарийн мэдэхэд ач холбогдолтой судалгаа болжээ. [8].

2018 онд Батхишиг ба бусад судлаачид Орхон-Туул голын сав газарт зонхилон тархсан тоосорхог хэмэрлэг хөрс үүссэн хугацааг тодорхойлох судалгааг явуулж 6 цэгээс 14 дээж авч, дээжид хөрсний наскилт тогтоох ($\text{C}14$) изотопын шинжилгээг Оросын Газарзүйн хүрээлэнгийн Радионүүрстөрөгчийн оношилгоо, электрон микроскопын лаборатори

хийсгар болон АНУ-ын Жоржийн их сургуулийн Изотопи судалгааны төвд тус тус гүйцэтгэсэн байна. Судалгааны дүнд “Орхон-Туул голын сав газрын хээрийн ургамалшилтай талархаг газраар тархсан 0-1 метр зузаан хэмэрлэг хөрс 3600-4000 жилийн өмнөөс эхлэн үүсэж, тоосорхог хурдас хуримтлагдаж эхэлсэн бөгөөд илүү гүнд буюу 1-5 метрт байрлах хэмэрлэг хурдас нь одоогоос 9000-4000 жилийн өмнө үүсэж бий болсон, хөрсний өнгөн хэсгийн 1 метр хүртэлх хурдас нь дунджаар 40.9-47.9 жил см, 1-5 метр гүн дэх хурдас нь 24.8-28.7 жил см хурдтайгаар хуримтлагдсан болохыг тодорхойлжээ [9].

СУДАЛГААНЫ ТАЛБАЙ

Орхон голын адаг орчимд, Сэлэнгэ аймгийн Шаамар сумын нутаг, Баянгийн тохой хэмээх газарт, Орхон голын зүүн эрэг ($N50^{\circ}04'92.7"$; $E106^{\circ}14'48.6"$) солбицолд, д.т.д 646 м өндөрт, 35 м өндөр лёсс эрэг дээр судалгааг хийв. Газрын гадарга бага зэрэг хотгор гүдгэртэй, харгана, хайлаас, агъ, гичгэнэ бүхий үетэнт хээрийн ургамал гадаргын 30%-ийг бүрхэнэ. Хөрсний эвдрэл ихтэй, 100% сийрэг элсэн хуваастай, гадаргад чулуугүй. Орхон



Зураг 1. Судалгаа явуулсан газар голын адаг, Шаамар сумын нутаг нь уур амьсгалын мужлалтаар хуурайдуу сэргүүтэр зунтай бүсийн хахир өвөлтэй мужид хамаарна. Агаарын хэм олон

жилийн дунджаар $-4\text{-}0^{\circ}\text{C}$, хур тунадас жилд дунджаар 300-350 мм унадаг ба үүний 80-90% нь 5-11 сард ордог.

Ургамлан бүрхэвчид хээрийн болон ойт хээрийн ургамлын төрөл зүйл зонхилоно. Хөрс газарзүйн мужлалтаар Харуулын Хүрэй хөөрчийн под буюдни

Хурдас болон хөрсний 0-350 см хүртэлх үе давхаргыг өнгө, ургамлын үндэсний тархалт, нягтшил, механик бүрэлдэхүүн, карбонатын агууламж зэрэг голлох критерүүдэд үндэслэн 16

Лархүрэн, лүрэн хөрсний дэд үүсчин Орхон Шаамарын тойрот багтана.

СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ, АРГАЗҮЙ

Хээрийн судалгааг 2019 онд явуулсан ба Орхон голын сав газраар тархсан тоосорхог шавранцар буюу салхин гаралт хэмэрлэг шинжийн хурдас болон түүн дээр тогтвортжсон хөрсний төлөөлөл болгон Орхон голын зүүн татам, Баянгийн тохойн баруун урагш харсан 35 м өндөртэй Лёсс эрэг дээр 3.5 м гүнтэй зүсэлт хийж, профайлын 10 см тутмаас 1 дээж буюу нийт 33 дээж авсан.

Хөрс болон хурдасны өнгийг "Munsell soil color chart" хөрсний өнгөний систем ашиглан тодорхойлов. Дээжийг Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэнгийн Хөрс судалалын лабораториид ISO 11464:2006 стандартын дагуу шигшиж



Зураг 2. Судалгаа хийсэн Лёсс эрэг бэлтгэсэн ба органикийн агууламжийг И.В.Тюриний аргаар, хөрсний карбонатыг кальциметрийн аргаар, урвалын орчинг pH-метр (Orion 5 STAR) багажаар, хөрсний ширхгийн бүрэлдэхүүнийг гидрометрийн аргаар тус тус тодорхойлов.

СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН Хөрсний морфологи шинж



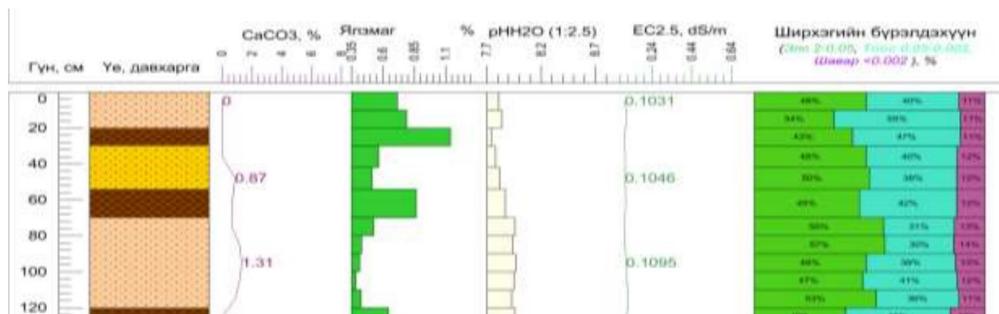
үе давхаргад ялгасны дотор 6 дарагдмал ялзмагт үе байна.

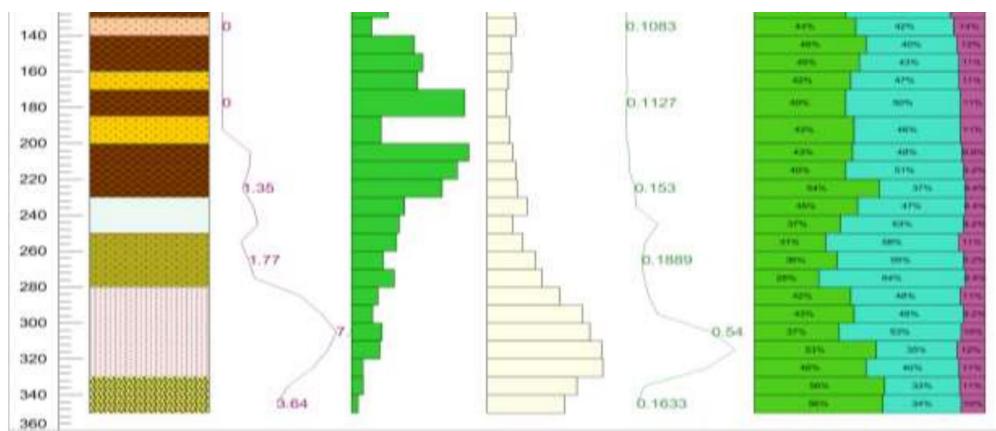
Бүх үе давхарга чулуугүй буюу чулууны агууламж 0%, бүхэлдээ сийрэг, бутрамтгай хэврэг бүтэцтэй, 200 см хүртэлх гүнд давсны хүчилд буцлахгүй буюу карбонатгүй, 200 см-ээс эхлэн сувалтар, 280 см-ээс хүчтэй буцална. Ургамлын үндэс 0-10 см гүнд их, 10-30 см-т дунд зэрэг, 30-70 см-т бага, 70-230 см-т ганц нэг тохиолдоо ба түүнээс доош үндэсгүй.

Лабораторийн үр дүн

Хэмэрлэг хурдсын ширхгийн бүрэлдэхүүнд тоосны агууламж 30-63% хооронд хэлбэлзэх ба элсний агууламж 28-56%, тэр дундаа нарийн болон дунд ширхэгтэй элс давамгайлна Түүнчлэн 5 ба 16-р үе илүү их элсний агууламжтай, 14-р үе агууламж бүх үе давхаргад харьцангуй жигд, 8-15% агуулагдана (Зураг 3).

Зураг 3. Хэмэрлэг хурдасны шинж чанар





Эртний дарагдмал хөрсний 6 үе давхарга бараан өнгөтэй, ялзмагийн агууламж харьцангуй ихтэй байх ба хамгийн их ялзмагтай нь 170-185 см болон 200-230 см гүн дэх дарагдмал үеүдэд 0.9-1.4% ялзмагтай байна. Бусад үе давхаргууд 0.3-0.7% буюу бага ялзмагтай. Зүсэлтийн хэмжээнд урвалын орчин (pH) харьцангуй хэлбэлзэл багатай буюу 0-230 см гүнд сул шүлтлэг, 230-350 см-т карбонат хуримтлалын нэлөөгөөр $8 < \text{pH} > 9$ буюу шүлтлэг шинж чанартай болсон байна. Давжилтын үзүүлэлт болох цахилгаан дамжуулах чанарын (EC) утга ихэнх үе давхаргад 0.098-0.269 $\mu\text{s}/\text{cm}$, зөвхөн 15-р үе буюу 300-330 см гүнд арай их, 0.517-0.658 $\mu\text{s}/\text{cm}$ байна. Олон улсад мөрдөгддөг ангиллын дагуу бүх үе давхарга давжилтгүй гэсэн ангилалд багтана [10].

Урвалын орчин (pH) болон цахилгаан дамжуулах чанар (EC) нь хөрсөн дэх карбонатын агууламжтай шууд, хүчтэй хамааралтай байна.

Тухайлбал: 0-230 см гүнд карбонатгүй болон маш бага карбонаттай байхад урвалын орчин бага байгаа бол 230 см гүнээс эхлэн карбонатын агууламж ихсэн, үүнтэй холбоотойгоор урвалын орчин болон цахилгаан дамжуулах чадвар мөн өссөн байна.

Хүснэгт 1. Хөрсний химиин шинж чанарын үзүүлэлтүүдийн тойм статистик, $n=33$

	pH 1:2.5	CaCO_3 , %	SOM, %	$\text{EC}_{2.5}$, dS/m
Max	8.77	7.67	1.28	0.658
Min	7.74	0.00	0.39	0.098
Mean	8.07	1.88	0.70	0.182
SD	0.29	2.29	0.26	0.14
CV %	0.04	1.22	0.37	0.76

Зүсэлтийн бүх гүн дэх хөрсний 4 үзүүлэлт хооронд гол хүчин зүйлийн шинжилгээг хийж корреляцийн хамаарлын матриксийг байгуулахад урвалын орчин (pH) - цахилгаан дамжуулах чадвар (EC), урвалын орчин (pH) – карбонат (CaCO_3), цахилгаан дамжуулах чадвар (EC) - карбонат

188

Монгол орны газарзүй-геоэкологийн асуудал №41

гэсэн 3 хослол эерэг хүчтэй (0.85, 0.94, 0.86) хамааралтай байна.

ДҮГНЭЛТ

Бид хэмэрлэг хурдас болон эртний дарагдмал хөрсний физик, химийн шинж чанарыг тодорхойлох, гарсан үр дүнг бусад судалгааны дүнтэй харьцуулах зорилгоор 2019 онд Орхоны хөндий, Шаамар орчимд судалгаа хийлээ. Судалгаа явуулсан газар нь 35м өндөртэй лёсс эрэг бөгөөд бид хурдасны 3.5м хүртэлх гүнд 16 үе давхарга ялган 10 см тутмаас 1 дээж буюу 33 ширхэг дээж авч лабораториид задлан шинжилсний үр дүнд тус газарт тархсан хэмэрлэг хурдас нь том

насжилт болон палео уур амьсгалын нөхцөлийг таамаглаж болох юм.

Хүснэгт 2. Корреляцийн хамааралын матрикс

	pH 1:2.5	CaCO_3 , %	SOM, %	$\text{EC}_{2.5}$, dS/m
pH	1			
CaCO_3	0.94	1		
SOM	-0.40	-0.33	1	
EC	0.85	0.86	-0.24	1

ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Хурдсын урвалын орчин дунджаар 8.1 байгаа нь Орхон-Туулын хөндийд 2018 онд хийгдсэн хэмэрлэг хөрсний сууринтэй түүхэд /8-8 81-тэй эхийн

үудаагаапы дупдам үү.үү.үүгээс ачил [11] мөн Орхон-Сэлэнгийн бэлчрээс баруун тийш хийгдсэн хэмэрлэг хурдасны судалгааны дүн (7.7-8.8)-тэй ойролцоо [Тимирева С.Н., 2018; 2] байна. Ширхгийн бүрэлдэхүүний хувьд тоосны агууламж 30-63%, элсний агууламж 28-56%, шавар 8.0-15.0% байгаа нь [11] судалгааны дүн (тоос 38.3-51.6%, элс 32.1-47.2%, шавар 14.5-18.7%)-тэй харьцуулахад шаврын агууламж арай бага, элс, тоосны агууламж ойролцоо байгаа бол [2] нарын судалгааны дүн (тоос 30-70%, элс 25-60%, шавар 5-20%)тэй харьцуулвал элс, тоосны агууламж бараг адил болох нь харагдаж байна.

Өөрөөр хэлбэл бидний судалсан хэмэрлэг хурдасны шинж чанар нь Орхон-Туул, Орхон-Сэлэнгийн сав газарт хийгдсэн хэд хэдэн судалгааны үр дүнтэй ойролцоо буюу тохирч байна. Хөрсний наскжилт тодорхойлох C14 анализыг одоогоор Монголд хийдэггүй бөгөөд гадаад улсад ийм төрлийн анализ хийлгүүлэх зардал маш өндөр байдаг учир хөрсний нас тогтоох анализыг бид энэ удаад хийгээгүй. Гэсэн хэдий ч дээр дурдсанчлан Орхон-Сэлэнгийн савд хийгдсэн бусад судалгааны үр дүнтэй шинж чанар нь ойролцоо байгаагаас үндэслэн тус бус нутагт хийгдсэн радионүүрстөрөгч (C14)-ийн аргаар наскжилт тодорхойлсон цөөн тооны судалгааны үр дүнг ашиглан Шаамар орчмын эртний хөрс, хурдсын

хэмжээтэй тоос болон нарийн ширхэгтэй элс давамгайлсан, нийт 6 дарагдмал эртний хөрсний үе давхаргатай, эдгээрийн хооронд салхин гарлын лёсс үеүйтэй, чулуугүй, 230 см гүнээс карбонатын хуримтлалтай, сул шүлтлэгээс шүлтлэг урвалын орчинтой, хөнгөн шавранцар механик бүрэлдэхүүнтэй, тоосорхог лёсс маягийн хурдас дээр тогтвожсон хөрс болохыг тодорхойлов. Хээрийн судалгаа болон лабораторийн шинжилгээний үр дүнгээс үзэхэд Голоценийн үеийн эдгээр дарагдмал үе давхарга нь хар бараан өнгөтэй, ялзмагийн агууламж харьцангуй өндөр, карбонатын агууламжгүй зэрэг онцлог шинж чанар бүхий нугархаг бараан, харшороорхуу шинжтэй хөрс байна. Дарагдмал хөрснүүд нь давсжилтгүй, органик болон карбонатын агууламж их байгаа нь тухайн дарагдмал эртний хөрснүүд үүсэх үед харьцангуй чийглэг, дулаан тааламжтай уур амьсгалтай байсныг харуулж байна. Feng Z.D, Батхишиг О, Тимирева С.Н зэрэг судлаачдын явуулсан наскжилт тодорхойлох радионүүрстөрөгч (C14)-ийн судалгаагаар тухайн хурдас голоценийн эхэн үеэс үүсч тогтвожсон болохыг тогтоосон. Магадгүй энэ бус нутагт Голоцений үед нуга болон хээр байсан ба заримдаа уур амьсгалын нөхцөл нь хагас цөлийн хэв шинжээр солигддог байжээ [2]. Голоценийн эхэн

Монгол орны газарзүй-геоэкологийн асуудал №41

үеийн уур амьсгал илүү хуурай, ургамал бүрхэвч сийрэг байсан гэж үзэж болно [9].

АШИГЛАСАН НОМ, ХЭВЛЭЛ

- [1] Klinge, M., Sauer, D. 2019. Spatial pattern of Late Glacial and Holocene climatic and environmental development in Western Mongolia – A critical review and synthesis *Quat. Sci. Rev* (210). P26-50
- [2] Timireva, S., Batkhishig, O., Sycheva, S., Kononov, Yu., Simakova, A., Byambaa, G., Telmen, T., Samdandorj, M., Filippova, K., Konsnantinov, E. 2020. Landscapes, paleosols and climate in the north of Mongolia during the Holocene. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* (438), p1-9.
- [3] Pye, K. 1995. The nature, origin and accumulation of loess. *Quaternary* [8] Lehmkuhl, F., Hulle, D., Knippertz, M. 2012. Holocene geomorphic processes and landscape evolution in the lower reaches of the Orkhon River (northern Mongolia). *Catena* (98), p17-286.
- [9] Батхишиг О., Тимирева С.Н., Бямбаа Г., Болормаа Ц., Панин П.Г., Сычева С.А., Золзаяа М., Кононов Ю.М., Тэлмэн Т., Пүрэвдорж Ц., Самдандорж М. 2019. Радионүүрстөрөгч (C14)-ын аргаар Орхон-Туул голын сав газрын хэмэрлэг хөрс үүссэн цаг хугацааг судалсан дүн. Монголын Хөрс Сүдлэл сэргүүл (4), х.7-14
- [10] Smith, J.L., Doran, J.W. 1996. Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis. *Methods for assessing soil quality. Soil Science*. p169-185
- [11] Самдандорж М., Батхишиг О.,

- Science Reviews* (14), p653-667.
- [4] Pecsi, M. 1990. Loess is not just the accumulation of dust. *Quaternary International* (7/8), p1-21.
- [5] Muhs, D.R. 2013. Loess Deposits: Origins and Properties. *Encyclopedia of Quaternary Science (Second Edition)*, p573-584.
- [6] Pye , K. 1987. Aeolian Dust and Dust Deposits. Academic Press, London.
- [7] Feng, Z.D., Zhai, X.W., Ma, Y.Z., Huang, C.Q., Wang, W.C., Zhang, H.C., Khosbayar, P., Narantsetseg, T., Liu, K.B., Rutter, N.W. 2007. Eolian environmental changes in the Northern Mongolian Plateau during the past ~ 35,000 yr. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* (245), p505-517.
- Пүрэвдорж Ц., Батсайхан Б. 2018. Туул, Орхон голын сав газрын хэмэрлэг хөрсний шинж чанар. *Монголын Хөрс Судлал сэргүүл* (3), x.127-136.
- [12] Монгол Улсын Шинжлэх Ухааны Академи. 2009. Монгол Улсын Үндэсний Атлас. Улаанбаатар.
- [13] Feng, Z.D., Chen, Z.H., Tang, L.Y., Kang, J.C. 1998. East Asian monsoon climates and Gobe dynamics in marine isotope stages 4 and 3. *Catena* (3), p29-46.
- [14] Wang, W., Feng, Z., Lee, X., Zhang, H., Ma, Y., An, C., Guo, L. 2004. Holocene abrupt climate shifts recorded in Gun Nuur lake core, northern Mongolia. *Chinese Science Bulletin* (49), p520-526.