

Changes in the sand area around the Darkhadiin Khotgor from 1985 to 2022

Altantuya Dorjsuren¹, Ganchudur Tsetsegmaa¹, Shinebayar Otgon¹, Dashtseren Avirmed^{1,*}

¹Division of Desertification study, Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences Ulaanbaatar, Mongolia

*Corresponding author email and ORCID: dashtserena@mas.ac.mn, <https://orcid.org/0000-0003-4119-5345>

Received: 09 Jul 2025 / Accepted: 16 Oct 2025 / Published online: 19 December 2025

ABSTRACT

This research investigates the spatial and temporal changes in sand-covered areas within the Darkhadiin Khotgor, located in west of Khovsgol lake, using landsat image from 1985 to 2022. The study utilizes 30-meter resolution Landsat satellite data in ArcGIS software. For sand detection and analysis used the Normalized Difference Sand Index (NDSI). According to the results shows that the sand area 105 km² in 1985 but in 1995 to 93 km² it decreased by 12 km². But sharply increased to 125 km² in 2005 an expansion of 32 km². Although a declining trend was observed between 2015 and 2022, the overall sand area increased by 18 km² over the 30-year period. This expansion is attributed to long-term climate change and anthropogenic influences, indicating that desertification is intensifying even in the traditionally humid Khangai region of Mongolia. In terms of the proportion of sand area relative to the total land area of the Darkhadiin khotgor, it was slightly below 2% in 1985, increased to 2.02% in 1995, and reached a peak of 2.73% by 2022. The growing extent of sand-covered land highlights the impact of climate variability and human activities, suggesting potential threats to regional ecological stability. Therefore, it is crucial to implement mitigation strategies in areas prone to sand encroachment, such as introducing sand movement control technologies, establishing protective forest belts, and raising awareness among local communities through outreach and recommendations. Climate change is a global phenomenon, but its manifestations and impacts vary significantly across different regions.

Keywords: Sand distribution, Darkhad Depression, Remote sensing

Дархадын хотгор орчмын элсэн талбайн өөрчлөлт

Алтантуяа Д¹, Ганчөдөр Ц¹, Шинэбаяр О¹, Дашцэрэн А^{1,*}

¹Цөлжилтийн судалгааны салбар, Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн, Шинжлэх Ухааны Академи,
Улаанбаатар, Монгол

*Холбоо барих зохиогчийн цахим хаяг, ORCID: dashtserena@mas.ac.mn, <https://orcid.org/0000-0003-4119-5345>

Хүлээн авсан: 2025 оны 07 сарын 09 өдөр / Зөвшөөрөгдсөн: 2025 оны 10 сарын 16 өдөр / Нийтлэгдсэн:
2025 оны 12 сарын 19 өдөр

ХУРААНГУЙ

Энэхүү судалгааны ажил нь Хөвсгөл нуурын баруун хэсэгт орших Дархадын хотгор орчмын элсэн талбайн орон зайн болон хугацааны өөрчлөлтийг 1985–2022 оны хооронд хиймэл дагуулын мэдээ ашиглан тодорхойлох зорилготой юм. Судалгаанд Landsat хиймэл дагуулын 30 метрийн нарийвчлалтай өгөгдөл, ArcGIS орон зайн шинжилгээний программ хангамж, мөн элсний ялгаврын нормчилсон индекс (NDSI) ашиглагдсан. Анализын үр дүнгээс харахад 1985 онд 105 км² байсан элсэн талбай 1995 онд 93 км² болж буурсан боловч 2005 онд 125 км² болж огцом нэмэгдсэн байна. 2015–2022 оны хооронд талбайн хэмжээ буурсан хандлагатай байсан ч нийт 30 жилийн хугацаанд 18 км²-ээр нэмэгдсэн. Энэ нь олон жилийн уур амьсгалын өөрчлөлт болон хүний үйл ажиллагааны нөлөөгөөр элсний тархалт нэмэгдэж байгааг илтгэж байна. Судалгааны үр дүн нь Монгол орны Хангайн бүс нутагт ч цөлжилтийн үйл явц эрчимжиж байгааг харуулж байна. Элсэн талбайн нийт газар нутгийн эзлэх хувийг авч үзвэл 1985 онд 2%-иас бага байсан бол 1995 онд 2.02%, 2022 онд хамгийн өндөр үзүүлэлт болох 2.73%-д хүрсэн байна. Элсний тархалтын нэмэгдэл нь уур амьсгалын өөрчлөлт болон хүний хүчин зүйлсийн нөлөөгөөр үүсэж, цаашид бүс нутгийн экологийн тэнцвэрт байдалд сөргөөр нөлөөлөх эрсдэлтэйг анхааруулж байна. Иймд шинээр элсжих хандлагатай бүс нутагт элсний нүүлт хөдөлгөөнийг сааруулах технологи нэвтрүүлэх, ойн зурвас байгуулах, орон нутгийн иргэдэд мэдээлэл түгээх, зөвлөмж хүргүүлэх зэрэг арга хэмжээг хэрэгжүүлэх нь нэн чухал юм. Уур амьсгалын өөрчлөлт нь дэлхийн хэмжээнд өргөн хүрээтэй явагдаж байгаа бөгөөд түүний илрэл, нөлөөлөл нь бүс нутгийн онцлогоос хамааран харилцан адилгүй байдаг.

Түлхүүр үгс: Элсний тархалт, Элсэн талбайн өөрчлөлт, Дархадын хотгор, Ландсат

1. ОРШИЛ

Манай орны элсний судалгаа анх 19-р зууны сүүл үеэс олон улсын эрдэмтэн судлаачид Монгол орны газарзүйн талаар судлахдаа элсний талаар тэмдэглэлүүд бичиж үлдээсэн байдаг. Үүний нэг жишээ нь Г.Н.Потанин 1876 - 1899 он хүртэл Төв Азиар аялахдаа Хангайн нуруу, Говь Алтайн нуруу, Хөвсгөлийн уулс, Их нууруудын хотгор, Нууруудын хөндий зэрэг нутгаар аялсан тэмдэглэл үлдээсэн байдаг. Тэрээр тэмдэглэлдээ нууруудын

хөндий нь хотгор гүдгэр, ус зүйн, ургамал амьтны аймаг зэргийг багтаан үзсэний дээр газарзүйн иж бүрэн судалгаа хийж говийн нуурууд эрт үед их устай байсныг илрүүлсэн бөгөөд хурдас чулуулгууд, мөстлийн дайр, голуудаар зөөгдөн ирж усан идэхүйн болон салхины нөлөөгөөр элсэн манхан бий болсон байна гэж тэмдэглэлдээ бичиж үлдээсэн байдаг [1]. 2003 онд судлаач Т. Баасан “Монгол орны элс” номиндоо Дархадын хотгор нь Хордил сарьдаг, Баян уулын нурууны өргөгдөл, Хөвсгөл нуур, Дархадын хотгор гэсэн

тектоникийн хоёр том буурц хотгороос тогтсон өвөрмөц тогтоцтой бөгөөд Хордол сарьдаг, Баян нуруу зэрэг орчны уулсаас буурсан мөстлийн дайр, голуудаар зөөгдөн ирж эртний их усан сангийн ёроолд тунаж, хожим тэрхүү зузаан хурдасны дээд хэсэг салхиар сэмшээгдэн, Хөх элст, Арсайн бөөрөг, Хуурчдын тал, Улаан мод, Алхан сайр, Хонхор элс, Хөгийн бөөрөг, Махчны хонхор зэрэгт бөөрөг, үүсвэр дюн, дарагдмал давхраат элс болж тогтжээ [2].

Монгол орны элсний талбайг тооцох ажлыг анх 1947 онд Э.М. Мурзаев, дараа нь 1969 онд Е.И. Селиванов нар хийжээ. Э.М. Мурзаевын тооцооноор манай орны элсний талбай 29915.8 ам дөрвөлжин км буюу 2991580 га буюу (нутгийн 1.91%), Е.И. Селивановын тооцооноор 39.2 мянган ам дөрвөлжин км буюу (нутгийн 2.54%) хэмээн тооцсон байдаг [3].

Элсний тархалтын өөрчлөлтийн судалгааг 2014 онд Шинжлэх Ухааны Академийн Газарзүй геоэкологийн хүрээлэнгийн судлаачид хиймэл дагуулын мэдээ ашиглан Монгол орны элсний талбайг 4680960 га буюу нийт нутгийн 2.98 хувийг эзэлж байна гэж тодорхойлсон [4].

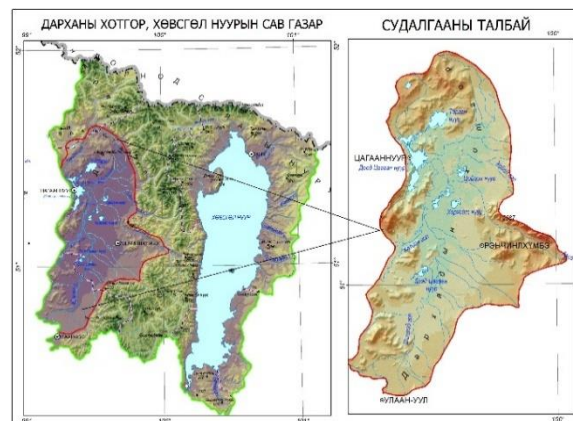
Манай орны нутаг дэвсгэр дээрх салхин гаралтай элс нь анхдагч гарал, үүсэл, тархалт ба морфологи хэв шинжээрээ Дундад Азийн элсэн цөлийн элснээс нэлээд өвөрмөц ялгаатай бөгөөд түүнийг геоморфологийн талаас нь мужлах асуудал онол-практикийн чухал ач холбогдолтой бөгөөд томоохон газар нутгийг эзэлдэг, тодорхой хугацааны үечлэлүүд шаардлагатайг харгалзан зайнаас тандан судлах арга нь өндөр үр дүнтэй юм. Зайнаас тандан судалгаа нь байгалийн үзэгдэл, түүний параметрууд мөн түүний байгалийн болон хүний үйл ажиллагаагаар бий болсон объектуудын төлөвийг тэдгээрийн цахилгаан соронзон долгионы өөр өөр мужид ойлгосон, цацруулсан болон сарниулсан энергийг хэмжсэний үндсэн дээр судална [5].

Дархадын хотгор орчмын элсний гарал үүсэл нь судлагдсан хэдий ч сүүлийн жилүүдэд элсний талбайн хэмжээ байгалийн болон хүний хүчин зүйлийн нөлөөгөөр өөрчлөгдөж байгаа юм. Дархадын хотгор орчмын элсний талбайн өөрчлөлтийн судалгааны ажил төдийлөн хийгдээгүй бөгөөд бид тухайн бус нутаг орчмын элсэн талбайн тархалт өөрчлөлтийн талбайг тооцоолохыг зорьсон.

2. СУДАЛГААНЫ ТАЛБАЙ, АРГАЗҮЙ

Дархадын хотгор нь Хөвсгөл нуурын баруун эргээр уртрагийн дагуу чиглэсэн 3000 гаруй метр

Хорьдол Сарьдаг, Баян зэрэг нуруудаас баруун Талаараа эргэн тойрон томоохон уулсаар хүрээлэгдсэн дотроо олон арван нуур бүхий хотгор нь зүүн хойноос баруун урагшаа 150 орчим км үргэлжлэх ба Хөвсгөл аймгийн Улаан-Уул, Ренчинлхүмбэ, Цагаан нуур зэрэг сумдын нутгийг хамарч байна (Зураг.1).



Зураг 1. Судалгааны талбайн зураг

1985 оноос хойш тасралтгүй өгөгдөлтэй GLC_FCS30D (нарийн ангиллын систем бүхий дэлхийн 30 м-тэй хиймэл дагуулын бүтээгдэхүүн)-ийг ашигласан [7]. Сансрын зургийг glovis.usgs.gov сайтаас 1985 болон 1995, 2005, 2015, 2022 оны зургуудыг ойролцоогоор 10 жилийн үечлэлээр татаж ArgGis 10.8 программ хангамжийг ашиглан элсний ялгаврын нормчилсон индекс ашиглан зураглав (1).

$$NDSI = \frac{R-UB}{R+UB} \quad (1)$$

NDSI - Normalized Difference Sand Index

R - улаан туяаны суваг 0.64-0.67 μm

UB - хэт хөх туяаны суваг 0.43-0.45 μm .

Судалгааны үр дүнгүүдийг шалгахын тулд элсний талбайн өөрчлөлтийг температур, тунадас болон гантай хамааралыг нь (R^2) тооцсон [6].

+1 маш хүчтэй эерэг хамаарал (нэг нь өсөхөд нөгөө нь ч өсдөг)

0 - хамааралгүй

-1 - маш

Хүчтэй сөрөг хамаарал (нэг нь өсөхөд нөгөө нь буурдаг)

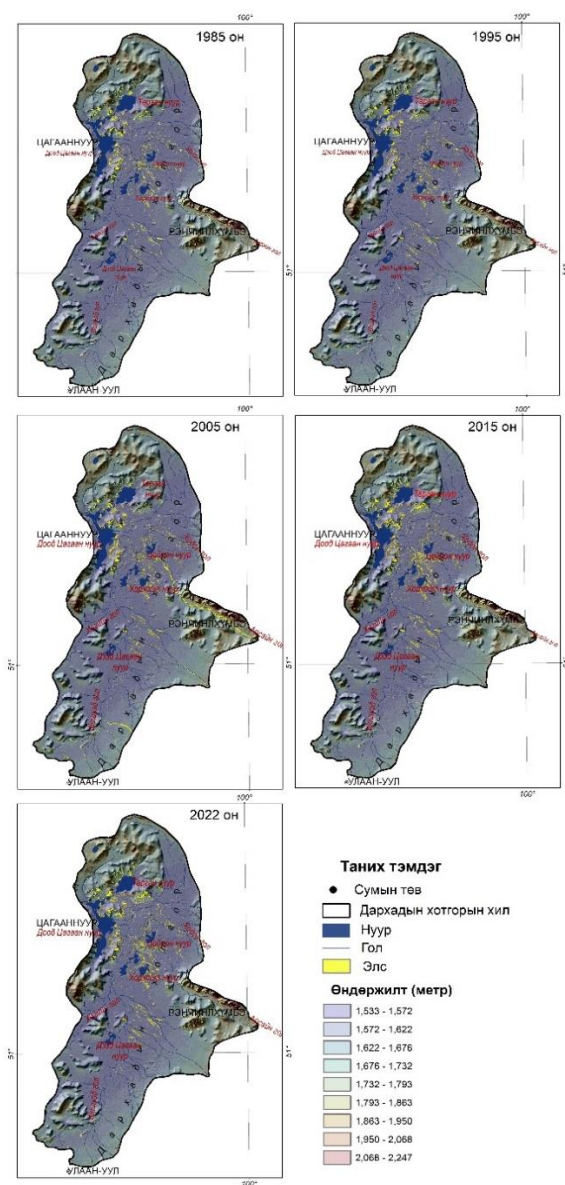
$$RSR = \frac{DRMS}{SD} = \frac{\sqrt{\sum_{i=0}^n (Q_{Mt} - Q_{St})^2}}{\sqrt{\sum_{i=0}^n (Q_{Mt} - \bar{Q}_M)^2}} \quad (2)$$

3. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

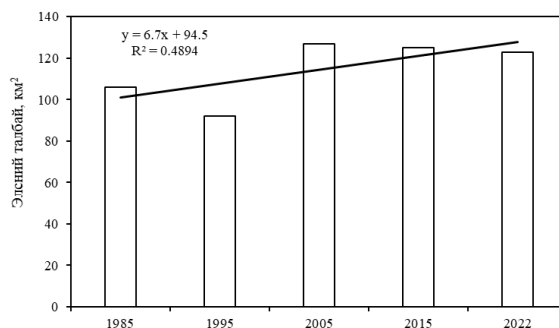
Судалгааны талбай нь Хөвсгөл нуурын баруун эрэг Дархадын хотгорын 1985, 1995, 2005, 2015 болон 2022 оны элсэн талбайн өөрчлөлтийг зураглав. Тус газар нь Элсний мужлалын ангиллаар дархадын хотгорын мужид хамаарагддаг бөгөөд салхи- делюви-пролювийн гарал үүслийн хэв шинжид багтдаг байна.

Тус район дахь элсэн тарамцгуудын талбайн өөрчлөлтийг дээрх аргазүйн дагуу хийж зураглан гүйцэтгэсэн (Зураг 2).

Дархадын хотгор орчмын элсэн талбайн хэмжээ 1985 онд 105 км² байсан бол 1995 онд 93 км² болж буурсан үзүүлэлтэй гарсан хэдий ч энэ нь 2005 онд элсний талбайн хэмжээ өмнөх онуудтай харьцуулахад 125 км² болж даруй 32 км² – аар нэмэгдсэн. 2015 болон 2022 онуудад элсний талбайн хэмжээ 3 км² – аар буурсан үзүүлэлттэй байгаа нь 2015 оны тоон үзүүлэлтэй харьцуулахад тийм буурсан гэж тодорхойлох боломжгүй юм. Сүүлийн 30-аад жилд Дархадын хотгорын элсэн талбайн өөрчлөлт 18 км² хэмжээний нэмэгдсэн ч үндсэн хэлбэрүүд нь өөрчлөгдөөгүй ч нуур болон гол мөрний зүүн талаар мэдэгдэхүйц нэмгэсэн байгаа нь судалгааны үр дүнгээс гарлаа (Зураг 3).

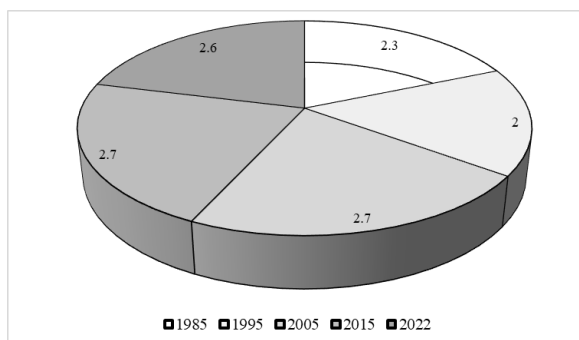


Зураг 2. Дархадын хотгорын элсэн талбайн өөрчлөлт (1985, 1995, 2005, 2015, 2022)



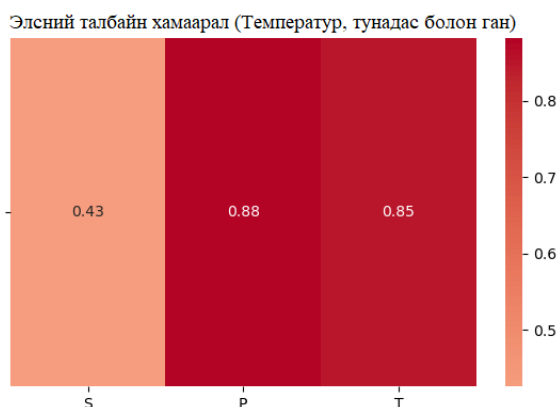
Зураг 3. 1985-2022 хүртэлх Дархадын хотгорын орчмын элсэн талбайн өөрчлөлт.

Нийт судалгааны талбайд тухайн онд элсний эзэлж буй талбайн хувь хэмжээг доорх **Зураг 4-р** харуулсан бөгөөд 1985 1995, 2005, 2015, болон 2022 онуудад элсний талбайн өөрчлөлтийн хувь харьцангуй тогтвортой байсан бөгөөд ихэнх жилүүдэд 2% -иас бага зөрүүтэй байна. Хамгийн өндөр хувь нь 2005 онд буюу 2.73% бүртгэгдсэн бол хамгийн бага нь 1995 онд харьцангуй бага үзүүлэлттэй байсан нь зураг 3 болон **зураг 4-өөс** тодорхой харж болох юм.



Зураг 4. Элсний талбайн эзлэх хувь

Эдгээр 5 жилийн элсний талбайн эзлэх хувь нь хамгийн бага байгаа жил нь 1995 он байгааг байгалийн ямар хүчин зүйлээс шалтгаалсан тодорхойлохыг зорьж элсний талбайн хамаарлыг температур, тунадас болон гантай харьцуулахад хамгийн өндөр хамааралтай нь температур (0.85) болон тунадас (0.88), харин гангийн хамаарал нь 0.43 (**Зураг 5**). Эдгээр хүчин зүйлүүд нь элсний тархалт, талбайн өөрчлөлтөд хүчтэй нөлөөлж байна. Энэ байгаль орчны нөхцөл байдал уур амьсгалын өөрчлөлттэй шууд холбоотойг харж болох юм. Байгаль цаг уурын болон хүний хүчин зүйлийн хам нөлөөний улмаас элсжилт явагдаж буйтай холбоотой.



Зураг 5. Дархадын хотгорын элсний талбайн хамаарал (Т – температур, P – тунадас, S – ган)

4. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Сүүлийн жилүүдэд уур амьсгалын өөрчлөлт хүчтэй явагдаж байгаа мөн хүн болон байгалийн хүчин зүйлийн нөлөөгөөр элсний талбайн хэмжээ нэмэгдэж байна. Дээрх аргазүйгээр хиймэл дагуулаар элсний зураглалыг гаргасны дараа элс бүхий орчныг үнэн зөв тодорхойлсныг нягтлахын тулд элсний талбай дээр очиж фото зургаар баталгаажуулсан болно (**Зураг 6**).



Зураг 6. Дархадын хотгор орчмын элс элс бүхий газрыг очиж фото зургаар баталгаажуулсан байдал

Судлаач Баасангийн тодорхойлсноор Монгол орны элсний нийт талбайн 3,5% буюу 1527,5 ам дөрвөлжин км нь Хойт (Хангайн) хэсэгт тархсан элс бүхий талбай бүс нутгийн 2,79 хувийг эзэлж байна [7]. Үүний нэг хэсэг Дархадын хотгор орчмын элс бүхий талбай бөгөөд судалгааны үр дүнгээс харахад элсэн талбайн өөрчлөлт 1995-аас 2005 онд бусад жилүүдтэй харьцуулахад нэмэгдсэн хандлагыг харуулж байна. Элсний талбайн хэмжээ нь нэмэгдэж байгаа гол нөлөөлөх хүчин зүйл нь уур амьсгалын өөрчлөлт болон хүний үйл ажиллагааны нөлөөг харуулж байна. Энэ нь хүний болон байгалийн хүчин зүйлийн нөлөөгөөр цөлжилт болох нь юуны өмнө ургамлан бүрхэвч буурах, хөрсний үржил шим доройтох, механик бүтэц эврэх, газрын биологийн чадвахи доройтож бэлчээрийн урсац буурах, зүйлийн олон янз байдал өөлчлөгдөж цөлжилт бий болж байна [8].

Элсжилт голчлон нуур, гол мөрний зүүн эргээр тархаж байгаа нь байгаль орчны эмзэг байдалд сөргөөр нөлөөлж болзошгүйг анхааруулж байна. Судалгаа нь хиймэл дагуулын зураглал, хээрийн баталгаажуулалтыг хослуулан хийсэн нь үр дүнгийн найдвартай байдлыг нэмэгдүүлсэн юм. Цаашид хүний хүчин зүйлсийг илүү нарийвчлан судлах шаардлагатай байна [9]. Монгол нутагт сүүлийн 60 гаруй жил явагдаж байгаа бэлчээрийн доройтол нь газар бүрхэвч агаар мандлын харилцан үйлчлэлийн урвуу холбоогны механизмаар эргээд уур амьсгалын хуурайшил эрчимжихэд хүргэж байгаа нь уур амьсгалын загварын тооцооны үр дүнхаруулж байна [10]. Алтантуяа Д 2024 оны докторын дипломын

ажиллаас хархад нийгэм эдийн засгийн нөлөөллийн үнэлгээгээр Хөвсгөл аймаг нь уур амьсгалын өөрчлөлт гангийн эрчим нь нийт хураасан ургац, тариалсан талбай, өвс хадлан, хөдөө аж ахуйн бүтээгдэхүүн, сүүний үйлдвэрлэл, нийт хадгаламж болон ДНБ зэрэгт сөрөг, хохиролтой нөлөө үзүүлж байгааг тогтоожээ. Иймд цаашид байгаль-эдийн засгийн уялдаа холбоог судалж, эрсдэлийг бууруулах менежмент хэрэгжүүлэх шаардлагатай байна [11].

5. ДҮГНЭЛТ

Дархадын хотгорын элсэн талбайн өөрчлөлт нь 1985 аас 2022 оны хооронд 10 жилийн зайтаагаар зургалж үзхэд элсний талбайн хэмжээ тодорхой хэмжээгээр өссөн хандлагатай байна. Хиймэл дагуулын өгөгдөл, ArcGIS программ хангамж ашиглан гарсан үр дүнгээр 1995 онд элсний талбай хамгийн бага буюу 93 км² байсан бол, 2005 онд хамгийн их буюу 125 км² болж, 32 км²-аар нэмэгдсэн. Харин 2015, 2022 онуудад бага зэрэг буурсан ч, нийтдээ 30 жилийн хугацаанд 18 км²-аар нэмэгдсэн байна. Элсний эзлэх хувь хэмжээ нь ихэнх жилүүдэд 2%-иас бага зөрүүтэй, хамгийн өндөр нь 2005 онд 2.73%, хамгийн бага нь 1995 онд 2.02% байжээ. Эдгээр өөрчлөлтүүд нь уур амьсгалын өөрчлөлт, байгаль цаг уурын нөхцөл, болон хүний үйл ажиллагааны нөлөө зэргээс шалтгаалсан байж болохыг харуулж байна. Элсний тархалт нь нуур, гол мөрний зүүн хэсгээр нэмэгдэж, байгаль орчны эмзэг байдал болон экологийн тэнцвэрт байдалд нөлөөлж болзошгүйг анхаарах шаардлагатай.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] З. Санжмтав, *Монгол орны байгалийн газарзүй*. Улаанбаатар: “ШМЭ” ХХК, 2007.
- [2] Т. Баасан, *Монгол орны элс*. Улаанбаатар: УИХ – ийн тамгын газрын хэвлэх үйлдвэр, 2003.
- [3] R. A. Bagnold, “The physics of blown sand and desert dunes”, London: Methuen, 1941, Prog. Phys. Geogr. Earth Environ., vol. 18, no. 1, pp. 91–96, Mar. 1994, <https://doi.org/10.1177/030913339401800105>.
- [4] Г. Данзанчадав, "Монгол орны элсний тархалтын өөрчлөлтийн судалгаа," *Монгол орны Газарзүй ба Геоэкологийн асуудал**, Улаанбаатар: 2017.
- [5] H. Gupta, S. Sorooshian, and P. O. Yapo, "Status of Automatic Calibration for Hydrologic

Models: Comparison With Multilevel Expert Calibration," *J. Hydrol. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 135, Apr. 1999, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(1999\)4:2\(135\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(1999)4:2(135)).

- [6] X. Zhang, L. Liu, X. Chen, Y. Gao, S. Xie, and J. Mi, “GLC_FCS30: global land-cover product with fine classification system at 30 m using time-series Landsat imagery,” *Earth Syst. Sci. Data*, vol. 13, pp. 2753–2776, 2021. <https://doi.org/10.5194/essd-13-2753-2021>.
- [7] *Монгол Улсын үндэсний атлас*, 3-р хэвлэл, Улаанбаатар: Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн, 2022. ISBN 978-9919-27580-8.
- [8] Т. Баасан, *Монгол орны элс*, Улаанбаатар: [Хэвлэлийн газар], 2003, х. 316.
- [9] Л. Насагдорж, *Говьсүмбэр аймгийн цөлжилтийн уур амьсгалын хүчин зүйл*, Улаанбаатар, 2020.
- [10] Д. Алтантуяа, *Монгол улсын нийгэм, эдийн засагт гангийн үзүүлэх нөлөө*, Улаанбаатар, 2024.