



МОНГОЛ УЛСЫН ИХ СУРГУУЛЬ
ШИНЖЛЭХ УХААНЫ СУРГУУЛЬ
ГАЗАРЗҮЙН ТЭНХИМ

Газарзүйн асуудлууд

Geographical Issues

Volume 23 (1)

ISSN: 2312-8534

2023

Улаанбаатар хот

Байгалийн хөргөлттэй мөсөн зоорь барих газруудыг тодорхойлох нь Determining the locations of naturally Ice Cellar

©Н.Нандинцэцэг^{1*}, А.Дашцэрэн¹, Б.Ганболд², Х.Тэмүүжин¹, Ш.Отгонсүрэн²

©Nandintsetseg Nyam-Osor^{1*}, Dashtseren Avirmed¹, Ganbold Boldbaatar², Temuujin Khurelbaatar¹, Otgonsuren Shar²

¹Цэвдэг судлалын салбар, Газарзүй, Геоэкологийн хүрээлэн, Шинжлэх Ухааны Академи, Монгол улс

²Хэрэглээний математикийн тэнхим, Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан Инженерчлэлийн Сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль, Монгол улс

¹Division of Permafrost Study, Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences, Mongolia

²Department of Applied Mathematics, School of Engineering and Applied Sciences, National University of Mongolia, Mongolia

*Харилцагч зохиогч: Nandintsetseg_n@mas.ac.mn

*Corresponding author: Nandintsetseg_n@mas.ac.mn

Хүлээн авсан: 2023.03.25

Засварласан: 2023.05.09

Зөвшөөрөгдсөн: 2023.05.13

Хураангуй

Энэхүү судалгаагаар Монгол Улсын нийт хүн амын 48 хувь нь амьдардаг, хүнсний хэрэглээ их, хүнс хадгалах зоорины хүртээмж багатай Улаанбаатар хотын бүс нутагт байгалийн хөргөлттэй мөсөн зоорь барихад тохиромжтой газрыг тодорхойлохоор зорьсон. Улаанбаатар хотын гадаргын нөхцөл болон цэвдгийн тархалтыг Alos palsar ба Sentinel-2 хиймэл дагуулын мэдээ дээр тулгуурлан ажиглалт-туришлтын загварчлалын арга ашиглан зурагласан. Харин байгалийн хөргөлттэй зоорь барихад тохиромжтой газруудыг тодорхойлохдоо ERA5-Land реанализийн 0.1° нарийвчлалтай агаарын температурын мэдээгээр хүйтний нөөцийг тодорхойлж нэмэлтээр эдийн засаг, эрүүл мэндийн нөхцөлүүдийг авч үзсэн. Судалгааны үр дүнгээр Улаанбаатар хотын нийт талбайн 36 хувь буюу 1415.0 км² нь цэвдэгтэй байсан бөгөөд үүний 89 км² талбай нь суурин газартай давхцаж байна. Улаанбаатар хотын агаарын хоногийн дундаж хасах FDD болон нэмэх TDD температурын нийлбэрүүдийн зөрүүг авч үзвэл зүүн болон хойд зүгт сөрөг буюу -1290°C хүртэл ихээхэн хүйтний нөөц хуримтлуулдаг бол баруун урд зүгт эерэг буюу Өлзийт орчимд +169°C байна. Дээрх үр дүнгүүд дээр үндэслэн бид мөсөн зоорь барихад тохиромжтой 210.2 км² бүхий 557 боломжит цэгийг олон шалгуурын арга зүй ашиглан тодорхойлсон. Үүнээс 276 цэгт махны зоорь, үлдсэн цэгүүдэд хүнсний зориулалтай ногооны зоорь барихад тохиромжтой байна. Энэхүү судалгааны үр дүнг бид өмнөх хугацааны цаг уурын станц болон хэргийн хэмжилтийн мэдээтэй харьцуулан үнэлэхэд таарц харьцангуй сайтай байсан. Мөн өмнөх цэвдгийн тархалтын зургуудтай харьцуулахад цэвдэгтэй газар нутгийг илүү нарийвчлалтайгаар харуулсан гэдгээрээ давуу талтай. Гэсэн хэдий ч цэвдгийн тархалт, мөсөн зоорь барих газруудыг баталгаажуулахын тулд хэргийн хэмжилт хийх санхүүжилт шаардлагатай байна.

Түлхүүр үгс: Байгалийн нөхцөл, Мөсөн зоорь, Хүйтний нөөц, Цэвдгийн тархалт

Abstract

This research attempts to locate an appropriate location for constructing a naturally iced cellar in the Ulaanbaatar area, where food consumption is high and food storage vaults are few. Ulaanbaatar is the place of residence for 48 percent of Mongolia's population. On the basis of Alos Palsar and Sentinel-2 satellite data, empirical statistical modeling techniques were used to map the surface conditions and permafrost distribution in Ulaanbaatar. Nevertheless, economic and health factors were also taken into account while choosing the best locations for the building of a naturally iced cellar. This was done by calculating the cold reserves using air temperature data from the ERA5-Land reanalysis with an accuracy of 0.1°. According to the results of the research, 36 percent of the total territory of Ulaanbaatar city, or 1415.0 km², has permafrost, and 89 km² is a residential area. Ulaanbaatar city accumulates considerable cold reserves in the east and north, up to -1290°C, while it is positive in the southwest, or +169°C in Ulzii, if we compare the FDD (freezing degree days) and TDD (thawing degree days) temperatures. Based on the aforementioned results, we discovered 557 prospective ice cellar locations totaling 210.2 km². The remaining points can be used to construct vegetable cellars, leaving 276 points available for building meat cellars. The relationship between the results of this investigation and the field measurement and meteorological station data from the previous time period was usually excellent. In contrast to

©Зохиогчийн оруулсан хувь нэмэр: Н.Нандинцэцэг: Онолын үндэслэл, аргазүй боловсруулалт, тархалтын зураг, үндсэн бичвэр, А.Дашцэрэн, Х.Тэмүүжин: Үр дүнгийн хяналт, бичвэрийн засвар, Г.Ганболд, Ш.Отгонсүрэн: ERA5-Land реанализийн мэдээний боловсруулалт.

previous permafrost distribution maps, it also has the advantage of offering more accurate coverage of permafrost distributed regions. To confirm the distribution of the permafrost and the sites of the iced cellars, more field measurements are necessary.

Keywords: *Environmental conditions, Ice cellar, Cold reserves, Permafrost distribution*

Оршил

Хүмүүс бидний эрүүл, аюулгүй аж төрөхөд голлох нөлөө үзүүлдэг анхдагч хүчин зүйлс нь хоол хүнс, орон байр зэрэг юм. Дэлхийн эрүүл мэндийн газраас гаргасан статистик мэдээллээр 770 орчим сая хүн өлсгөлөнд нэрвэгдээд байгааг онцолжээ (WFA, 2021). Манай гаргийн улс орнуудад буй өлсгөлөн, хоол тэжээлийн дутагдлын гол шалтгаан нь байгалийн гамшиг, зэвсэгт мөргөлдөөн, хүн амын өсөлт, ядуурал юм (Prosekov, Ivanova, 2018). Монгол улсад олон нийтийг хамарсан өлсгөлөн байдаггүй ч хүнс тэжээлийн үнэ хэлбэлзэх үзэгдэл жил бүр гардаг. Ялангуяа бидний хүнсний гол хэрэглээ болох махны үнэ жилийн дотор хоёр дахин өсөх, буурах нь хэвийн үзэгдэл болжээ. Махны үнийн өсөлтөд тухайн үеийн эрэлт, нийлүүлэлт, эдийн засгийн байдал, хадгалах зоорь, агуулахын хүрэлцээ нөлөөлдөг байна. Нөгөө талаас зоорь, агуулахын хүрэлцээ дутмаг дулааны улиралд махыг муутгах улмаар хаях тохиолдол гарч байжээ. Тухайлбал, 1960-аад оны төгсөлд 2000 орчим тонн мах муутгаж хаясан бөгөөд үүнтэй холбоотойгоор байгалийн хөргөлттэй мөсөн зоорь барих ажил эхэлсэн байдаг.

Олон мянган жилийн турш Арктик, Аляскийн уугуул иргэд цэвдэгтэй бүс нутагт уламжлалт аргаар мөсөн зоорийг барьж мах болон бусад хүнсээ хадгалахад ашиглаж ирсэн (Maslakov et al., 2022; Nyland et al., 2017). Харин Монгол оронд анх нэрт эрдэмтэн Н.Лонжид байгалийн хөргөлттэй мөсөн зоорийг барьж, байгуулан улмаар энэ бүтээлээрээ төрийн шагнал хүртсэн юм (Лонжид, 1964, 1986). Уг зоорины үндсэн технологи нь мөс бөгөөд түүнийг ашиглаж хэдэн метрийн зузаантай хана, шал бүхий байгууламж бий болгодог байна. Уг зоорь нь нэмэлт хөргөлтийн тоног төхөөрөмж шаардахгүй, хөргөлтийн үйл ажиллагаанд эрчим хүч ашигладаггүй, махыг хатааж, чийгийг нь алдагдуулдаггүй гэх мэт олон давуу талтай. Байгалийн хөргөлттэй мөсөн зоорийг барих газраа сонгохдоо тухайн газар цэвдэгтэй байх шалгуур үзүүлэлтийг харгалзан үзэх ба 1970-1980 онд 100-2000 тонны багтаамжтай 20 орчим зоорийг манай орын цэвдэгтэй газруудад барьж, ашиглалтад оруулсан (Лонжид, Бат-Эрдэнэ, 1987). Харамсалтай нь нийгэм эдийн засгийн шилжилтийн үед бүх зоорь хаагдаж, эвдэрч сүйрсэн.

Монгол орны нийт газар нутгийн 29.3 хувьд цэвдэг ямар нэгэн хэмжээгээр тархсан гэж үздэг бөгөөд нийт талбайн хэмжээгээр дэлхийд тавдугаарт эрэмбэлэгддэг (Жамбалжав, 2017b, Yamkhin et al., 2022). Монгол орны цэвдэг нь Дорнод Сибирийн цэвдэгт бүс нутгийн өмнөд захад оршдог, тэг хэмд ойрхон хасах температуртай тул уур амьсгал, хүний нөлөөлөлд өртөж амархан алдардаг байна (Жамбалжав, 2017a; Жамбалжав нар., 2013). Энэхүү цэвдэгт бүсэд орших олон тооны сум болон суурингийн дэд бүтэц, байшин барилга (Тэмүүжин нар., 2018), мөн хатуу хучилттай замуудад цэвдгийн гэсэлтийн суулт, деформаци, хагарал үүссэний улмаас ашиглах боломжгүй болж байна (Цогт-Эрдэнэ нар., 2018). Энэ нь манай орны нийгэм, эдийн засагт ихээхэн хохирол учруулдаг.

Эдгээр сөрөг үзэгдлүүд нь ихэвчлэн тухайн газар нутгийн цэвдгийн нөхцөлийг буруу тооцсон эсвэл цэвдгийн тархалтыг бүрэн тооцоогүйтэй холбоотой (Дашцэрэн, 2008). Хэдийгээр цэвдэг нь газар нутгийн экосистем тогтвортой байх нөхцөлийг дэмжигч гол бүрэлдэхүүн хэсэг боловч хүн ам хурдацтай өсөж буй 21-р зууны нийгэм, эдийн засагт томоохон сөрөг асуудал дагуулдаг нь харагдаж байна. Гэвч цэвдэгт бүс нутгийг судалж мэдсэний үндсэн дээр цэвдгийг аж ахуйд зүй зохистой ашиглах, түүний сөрөг нөлөөллөөс хамгаалах боломжтой. Үүний нэг жишээ нь хүйтэн сэрүүн уур амьсгалтай, цэвдэгтэй хөрс чулуулагт мөсөн зоорь барьж ашиглах юм (Төмөрбаатар, 1969).

Өнөөг хүртэл манай улсын аль газар нутагт байгалийн хөргөлттэй мөсөн зоорь барихад тохиромжтой талаарх судалгаа, зураглалын ажил хийгдээгүй байна. Ийм учраас Монгол Улсын нийт хүн амын 48 хувь (1.639 сая¹) нь амьдардаг, хүнсний хэрэглээ их, хүнс хадгалах зоорь, агуулахын хүртээмж багатай нийслэл хотод энэ төрлийн судалгааг гүйцэтгэх зайлшгүй шаардлагатай гэж үзсэн. Бид энэхүү судалгаагаар Улаанбаатар хотын нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд байгалийн хөргөлттэй мөсөн зоорь барихад тохиромжтой газар нутгийг тодорхойлохоор зорилоо. Тухайн зорилгын хүрээнд дараах зорилтуудыг дэвшүүлэв. Үүнд:

¹ Статистикийн мэдээллийн нэгдсэн сан, https://www.1212.mn/stat.aspx?LIST_ID=976_L03

1. Газрын гадаргын төрх байдлыг тодорхойлох.
 2. Цэвдгийн нарийвчилсан тархалтын зураглал хийх.
 3. Гадарга орчмын хүйтний нөөцийг тогтоох.
 4. Байгалийн хөргөлттэй мөсөн зоорь барихад тохиромжтой газруудыг тодорхойлох.
- Судалгаагаар гарсан үр дүнг ашиглаж хүнсний төрлийн бизнес эрхлэгч хувь хүн, байгууллага зоорь барих газар сонгоходоо суурь мэдээлэл болгон ашиглах бүрэн боломжтой.

Судалгааны материал, аргазүй

Судалгааны талбай: Улаанбаатар хот нь Хэнтийн нурууны баруун урд салбарын уулс болох Богдхан д.т.д 2256 м, Сонгино хайрхан д.т.д 1652 м, Чингэлтэй д.т.д 1949 м, Баянзүрх д.т.д 1834 м өндөртэй уулсаар хүрээлэгдэн баруунаас зүүн тийш сунаж тогтсон (Баттогтох, 2005) “U” хэлбэрийн Туул голын хөндийд оршино (Сономдагва нар., 2016). Эдгээр уулс нь олон хөндий, амтай бөгөөд Богдхан, Чингэлтэй уулс нь цөөн тооны хэрчигдэлтэй бол Баянзүрх, Сонгино хайрхан уулс нь гүн гуу жалга элбэгтэй (Лонжид, 1963). Судалгааны талбай нь Монгол орны ойн тархалтын хамгийн өмнөд захад буюу ойт хээр, хээрийн бүсийн зааг дээр орших босоо бүсшил илэрсэн уулсын өвөрмөц тогтцтой (Орхонсэлэнгэ, 2003). Уур амьсгалын хувьд эх газрын эрс тэс шинжтэй, температурын агууриг ихтэй, хур тунадас багатай бөгөөд баруун хойд зүгийн салхи зонхилдог.

Судалгааны аргазүй: Уулархаг бүс нутагт тархсан цэвдгийн тархалтын зураглалд сүүлийн жилүүдэд дэлхийн улс орнууд олон шалгуурт загварчлалын аргыг түлхүү хэрэглэх болсон. Энэхүү аргазүйг ажиглалт-туршилтын загварчлал, физик загварчлалын аргазүй гэж хоёр ангилж үздэг (Riseborough et al., 2008; Гансүх, 2016). Ажиглалт-туршилтын загварчлал нь байгалийн хүчин зүйлс болох нарны цацраг, өндөршил, налуу, зүг зовхис, түүнчлэн агаарын болон гадаргын температур, газрын гадаргын бүрхэвч, хөрсний чийгшил зэргээс хамаарсан цэвдгийн тархалтын зураглал дээр суурилдаг. Харин физик загварчлал нь агаар мандал, цэвдэг хоёрын хооронд явагдах энергийн баланс дээр илүү төвлөрдөг байна (Тэмүүжин нар., 2018).

Бид уг судалгаанд ажиглалт-туршилтын загварчлалын арга ашиглан Улаанбаатар хотын цэвдгийн тархалтыг зураглан, нэмэлт шалгуур дээр үндэслэн байгалийн хөргөлттэй мөсөн зоорь барихад тохиромжтой газрыг тодорхойлоход доорх аргазүйг ашигласан (Зураг 1). Үүнд:

1. Аляскийн хиймэл дагуул байгууламжийн архиваас² Alos palsar хиймэл дагуулын 12.5 м-ийн нарийвчлалтай өндрийн тоон загварын мэдээ ашиглан нарны цацраг, өндөршил, налуу болон зүг зовхисоор гадаргын нөхцөлийг тодорхойлсон.
2. Европын Сансрын Агентлагийн Коперникийн мэдээллийн сангаас³ Sentinel-2 хиймэл дагуулын 2022 оны VII, VIII сарын үүлэн бүрхэцгүй 3 зургийг ашигласан. Энэхүү зургуудаар ургамлын нормчилсон ялгаат индекс (Normalized Difference Vegetation index-NDVI), чийгшлийн нормчилсон ялгаат индекс (Normalized Difference Moisture index-NDMI)-ийг боловсруулан чийгтэй талбайг тодорхойлсон.

Хүснэгт 1. Судалгаанд ашигласан Sentinel-2 хиймэл дагуулын мэдээ.

	Огноо	Хавтангийн дугаар
1	2022.08.05	T48UWU
2	2022.07.18	T48TXT
3	2022.07.18	T48UXU

3. ECMWF-ийн Коперникийн уур амьсгалын өөрчлөлтийн үйлчилгээний⁴ мэдээллийн сангийн ERA5-Land реанализийн 0.1° нарийвчлалтай өгөгдлийн багцаас 2020, 2021 оны хоногийн 2 м-ийн түвшний агаарын температурын мэдээг татан авч ашигласан. Уг мэдээг Python программын тусламжтай грид тус бүрийн жилийн агаарын хоногийн дундаж нэмэх температуртай өдрийн нийлбэр TDD, агаарын хоногийн дундаж хасах температуртай өдрийн нийлбэр FDD утгуудыг тооцоолсон (Ma et al., 2022). Эдгээр хоногийн дундаж нэмэх/хасах температуртай өдрийн нийлбэрүүд нь FDD > TDD үед тухайн газрыг цэвдэгтэй

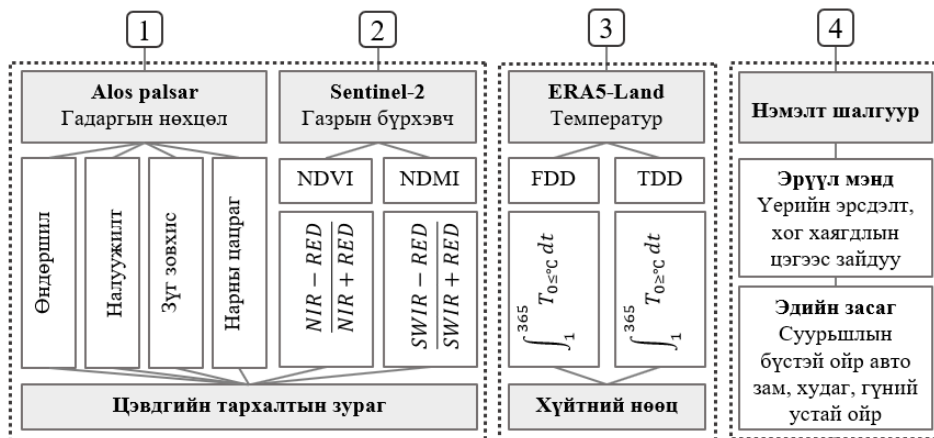
² The Alaska Satellite Facility, <https://search.asf.alaska.edu/>

³ The Copernicus Open Access Hub, <https://scihub.copernicus.eu/>

⁴ The Copernicus Climate Change Service <https://cds.climate.copernicus.eu/>

байх магадлалтай гэж авч үзэж болно (Ma et al., 2022). Бид ERA5-Land реанализийн тооцоолсон утгаа судалгааны талбайд байрлах цаг уурын Тэрэлж, Буянт ухаа, МУИС, Улаанбаатар өртөөний 2000-2012 оны 13 жилийн бодит хэмжилтийн агаарын температурын мэдээтэй харьцуулсан.

- Харин байгалийн хөргөлттэй мөсөн зоорь барих боломжит талбайг сонгохдоо эрдэмтэн Н.Лонжид болон С.Молор-Эрдэнэ нарын доорх шалгууруудыг нэмэлтээр тусгасан. Эрүүл ахуйд тохиромжтой-хөрсний усанд автахгүй, хаврын шар ус болон зуны хур борооны



БАЙГАЛИЙН ХӨРГӨЛТТЭЙ ЗООРЬ БАРИХ ГАЗАР

Зураг 1. Судалгааны аргазүйн бүдүүвч

үерийн урсац үүсэх нөхцөлгүй мөн хуучин хогтой сул шороо овоолсон газраас зайдуу. Эдийн засгийн хувьд цахилгаан-суурьшлын бүс буюу хадгалсан бүтээгдэхүүнийг хүргэх газартай ойр, тог цахилгаан тавих, орох нэвтрэхэд замын хувьд саадгүй. Барилгын дотрыг усаар шавшин хөлдөөх шаардлагатай тул суурь тэгш худаг, устай ойр байх. Түүнчлэн байгалийн нөхцөлүүд болох нарны тусгал багатай уулын ар хажуу газар, салхи жавар чөлөөтэй нэвтрүүлэх боломжуудыг тус тус харгалзан үзэв.

Судалгааны үр дүн ба хэлэлцүүлэг

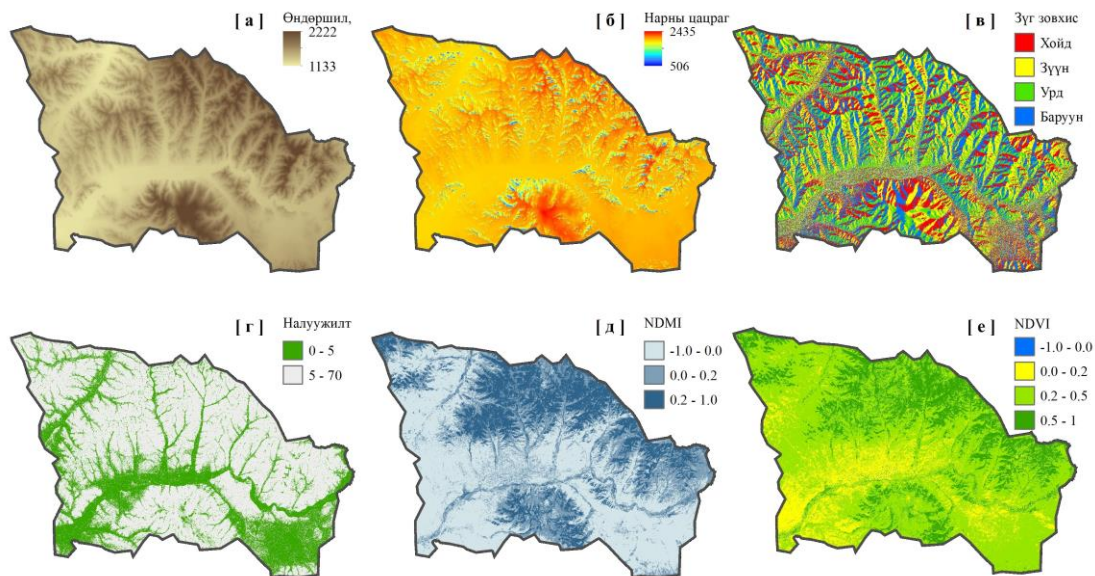
Улаанбаатар хотын гадаргын нөхцөл: Улаанбаатар хотын нутаг дэвсгэр нь бүхэлдээ уулс хоорондох хотгор хөндийд уул-голын нэгдмэл системийг хамран оршдог (Орхонсэлэнгэ, 2003). Энэхүү хотын Туул голын өргөн хөндий нь д.т.д 1133-1300 м өндөрт өргөгдсөн ба 1720 м-ээс дээш дундаж өндөртэй уулсаар хүрээлэгдсэн байна (Зураг 2-а).

Нарны цацрагийн хувиарлалтад тухайн бүс нутгийн гадаргын хэлбэр дүрс, бүрхэвч нөлөөлж улмаар энэ нь шууд ба шууд бус замаар цэвдгийн тархалт түүний оршин байх гол хүчин зүйлсийн нэг болдог (Dashtseren, 2015; Дашцэрэн, 2015). Судалгааны талбайн өндрийн тоон загвараар жилийн нийлбэр нарны цацрагийн хэмжээг тооцоолж үзэхэд 506-2435 Вт/м² хооронд хэлбэлзэх ба 950 Вт/м²-аас бага утга нь гол төлөв нар богино хугацаанд тусах уулсын ар хажуу, харин 2080 Вт/м²-аас дээш утга нь уулсын өвөр энгэр буюу урд зүг зонхилно (Зураг 2-б, в).

Өмнөх судалгаануудад дурдсанаар Улиастай, Сэлбэ, Толгойт зэрэг жижиг голуудын хөндийн чийг намгархаг газарт цэвдгийн арлууд шавар, шавранцар хөрсөнд тархах (Баттогтох, 2005; Дашцэрэн, 2008; Жамбалжав, 2009) ба Налайхын хөндийн төв хэсэгт реликт цэвдэг бүртгэгдсэн байдаг (Жамбалжав, 2009). Иймд бид гадаргын налуужилтийн зургаас 0-5 градусын шатлан авч уулс болон гол мөрний хөндий, хотосыг ангилсан (Зураг 2-г). Улаанбаатар хотын гадаргын бүрхэвчийг тодорхойлохдоо Sentinel-2 хиймэл дагуулын мэдээгээр NDMI, NDVI-ийг боловсруулан ашигласан. NDMI-ийн хувьд -0.4...+1.0 хэлбэлзэх ба +0.0-ээс их утгыг чийгтэй газар харин NDVI-ийн хувьд -0.6...+0.8 хэлбэлзэх ба +0.2...+0.5 утгыг ургамал бүрхэвчтэй газар гэж ангилан авсан (Зураг 2-д, е). Дээрх аргаар гарган авсан NDMI, NDVI-ийг утгуудыг хажуугийн зургийг давхцуулах замаар ургамал сайтай, чийг намгархаг газруудыг тодорхойлсон.

Харин NDVI-ийн 0.5-аас их утгыг ургамал бүрхэвч сайтай ой гэж ангилсан (Зураг 2-е). Судалгаанд хамрагдсан талбайн 28 хувь буюу 1120.0 км²-ийг ой эзлэх бөгөөд голын хөндийд байрлах бургас улиасыг эс тооцвол гол төлөв ар хажууд зонхилох ба зарим судалгаанд ойн хил нь цэвдгийн хилтэй давхцна гэж тэмдэглэсэн байдаг (Ishikawa et al., 2006; Жамбалжав, 2009).

Судалгааны талбайн газрын гадаргын нөхцөлийг Also palsar, Sentinel-2 хиймэл дагуулын мэдээгээр тодорхойлсон үр дүнг Зураг 2-д үзүүлэв.



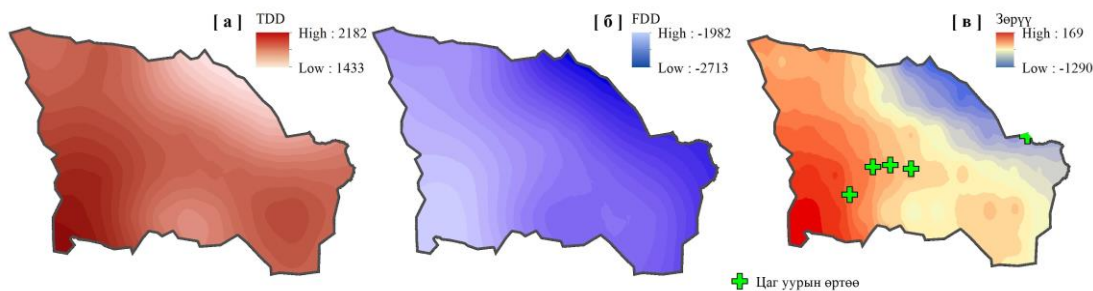
Зураг 2. “Also palsar” хиймэл дагуулын үр дүн (а-өндөршил, б-нарны цацраг, в-зүг зовхис, г-налуужилт)

Улаанбаатар хотын цэвдгийн тархалт: Монгол орны цэвдгийн тархалтын 2016 оны зургаас (Жамбалжав, 2017а) Улаанбаатар хотын нийт талбайн 11 хувь нь тасалданги тархалттай бүс (452.9 км²), 50 хувь нь алаг цоог тархалттай бүс (1971.2 км²), 20 хувь нь тохиолдлын тархалттай бүс (749.9 км²), үлдсэн 19 хувийг улирлын хөлдөлтэй бүс тус тус эзэлнэ. Энэхүү зураг нь манай орны цэвдгийн тархалтын үндсэн шинж өндөр, өргөргийн зүй тогтлыг илтгэн харуулах бөгөөд цэвдэг тархах боломжит талбайг зураглаж, эзлэх хувийг зааж өгдөг, том масштабын зураг учир бүс нутаг, аймаг, сумын төвийн нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд үнэмшил, магадлал нь буурдаг (Дашцэрэн нар., 2019). Иймд тухайн бүс нутгийн цэвдэгтэй эсэхийг тогтооходоо цэвдгийн нарийвчилсан судалгаа хийх шаардлагатай болдог.

Цэвдгийн тархалтын зураглалын арга зүйн судалгааны талбайн хэмжээнд бус цэвдгийн тархалтын бүсүүдийн тус бүрийн гадаргын онцлогт (налуужилт, нарны цацраг, зүг зовхис, NDMI, NDVI) тулгуурлан цэвдэгтэй талбайг ялган харуулдагаараа давуу талтай. Бидний судалгаагаар Улаанбаатар хотын 1415.0 км² буюу 36 хувьд цэвдэг ямар нэгэн хэлбэрээр тархах бөгөөд үүнээс 1063.8 км² нь уулын, 158.9 км² нь хөндийн, 192.3 км² нь хотосын цэвдэг тус тус эзэлнэ (Зураг 4). Цэвдгийн үргэлжилсэн тархалттай газарт орших нуур болон голын доор гадаргын усны дулаан хадгалах нөлөөгөөр 0°C-ээс дээш температуртай гэсгүүн үе үүсдэг (French, 2007). Өмнөх судалгаануудаар Монгол орны томоохон гол, мөрний хөндийд цэвдэг илрээгүй байдаг (Лонжид, 1963). Иймд бид судалгааны талбайн Туул голын хөндий орчимд цэвдэг бүрэлдэх боломжгүй гэж үзсэн. Улаанбаатар орчимд ул хөрсний улирлын хөлдөлтийн гүн дунджаар 2.8-4.2 м болно. Сийрэг сүвшил ихтэй буюу хайрган хурдсаар жавар дамжин явагддагаас гүн хөлдөж хайр дайргыг тойрсон мөсөн талстууд цэвдэгт цогцолборыг үүсгэнэ (Лонжид, 1963).

Улаанбаатар хотын хүйтний нөөц: ERA5-Land реанализийн өгөгдлийг 2020, 2021 оны бүтэн жилийн агаарын хоногийн дундаж хасах FDD болон нэмэх TDD температурын нийлбэр ба тэдгээрийн зөрүүний тархалтыг Зураг 3-д үзүүлэв. Эндээс харахад агаарын хоногийн дундаж нэмэх температурын нийлбэр TDD-гийн хамгийн их утга нь хотын баруун урд хэсэгт буюу Туул

тосгон, Өлзийт орчим +2182°C, хамгийн бага утга нь Хэнтийн нурууны салбар уулсад +1433°C дараах бага утга нь Богдхан уул +1700°C орчим байна (Зураг 3-а).



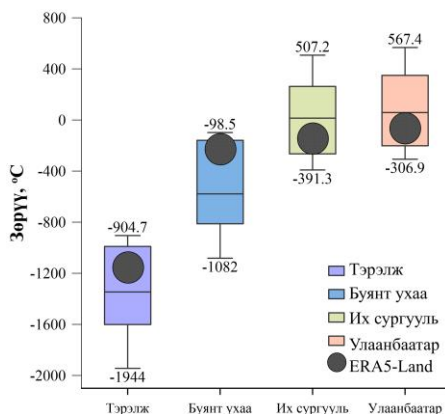
Зураг 3. Улаанбаатар хотын хүйтний нөөцийн зураг.

Агаарын хоногийн дундаж хасах температурын нийлбэр FDD-гийн хамгийн их утга нь хотын баруун урд байрлах Туул тосгон, Өлзийт орчимд -1982°C, хамгийн бага утга нь зүүн хойд хэсэгт буюу Хэнтийн нурууны салбар уулсад -2713°C байна (Зураг 3-б). Эндээс өндрийн ялгаа ихтэй, чийгшил өндөртэй газруудад хүйтний нөөц ихээхэн хуримтлагддаг байна.

Бид ERA5 реанализийн үр дүнг Улаанбаатар хотод байрлах цаг уурын Тэрэлж, Буянт ухаа, МУИС, Улаанбаатар өртөөний 2000-2012 оны бодит хэмжилтийн агаарын температурын мэдээтэй харьцуулан зураг 4-г харуулав.

Агаарын температурын бодит хэмжилтийн мэдээнээс агаарын хоногийн дундаж хасах FDD болон нэмэх TDD температурын нийлбэрүүдийн зөрүүний 2000-2012 оны дунджаар Тэрэлж өртөө нь -1346°C, Буянт ухаа өртөө нь -578°C, МУИС өртөө нь 14°C, Улаанбаатар өртөө нь 58°C байна. Харин ERA5-Land реанализийн өгөгдлийг 2020, 2021 оны зөрүү нь Тэрэлж өртөө орчим -919°C, Буянт ухаа өртөө орчим -93°C, МУИС өртөө орчим -334°C, Улаанбаатар өртөө орчим -237°C байх бөгөөд дээрх графикаас харахад цаашид энэ төрлийн судалгаанд ашиглах боломжтой болох нь харагдаж байна.

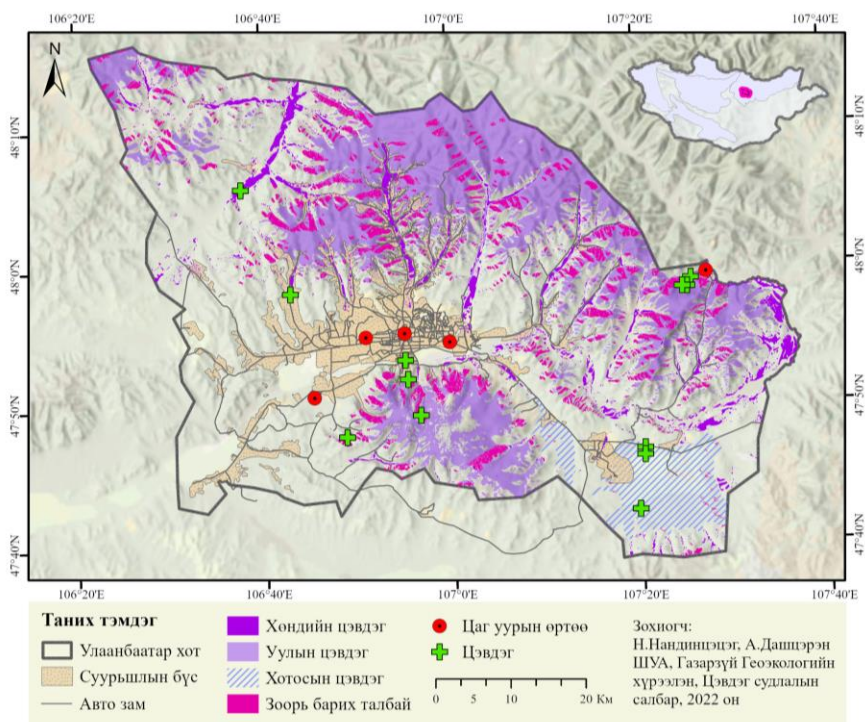
Мөсөн зоорь барих боломжит талбай: Бид судалгааны хүрээнд зайнаас тандан судлалын аргаар Зураг 2-д тодорхойлсон бүхий л гадаргын нөхцөлүүдийг ашиглан, цэвдгийн тархалтын онцлог тус бүрийг нэгтгэх замаар Улаанбаатар хотын цэвдгийн тархалтын зургийг зохиосон (Зураг 4). Харин мөсөн зоорь барих боломжит талбайг хогийн цэг, үерийн аюулын зэрэглэл (хаврын шар ус болон зуны хур борооны үерийн урсац үүсэх нөхцөлгүй) болон суурьшлын бүстэй⁵ давхацсан цэвдэгт



Зураг 4. Цаг уурын өртөө ба ERA5 реанализийн өгөгдлийг хамаарал

⁵ Улаанбаатар хотын 2040 он хүртлэх хөгжлийн ерөнхий төлөвлөгөөний суурь судалгаа <https://ulaanbaatar2040.mn/p/160/suur-sudalгаа>

талбайг хасаж тог цахилгаан, устай ойр, тээврийн хэрэгсэл орох нэвтрэхэд замын хувьд саадгүй хүйтний нөөц ихээр төвлөрсөн газруудыг сонгон авч үр дүнг Зураг 5-т үзүүлэв.



Зураг 5. Улаанбаатар хотын цэвдгийн тархалт болон Мөсөн зоорь барих боломжит газрын байршил

Олон шалгуурын арга зүй ашиглан байгалийн хөргөлттэй мөсөн зоорь барихад тохиромжтой 210.2 км² бүхий 557 боломжит цэгийг тодорхойлсон. Эдгээр боломжит талбайгаас хүйтний хуримтлал төвлөрөх FDD-TDD-гийн зөрүү -500...-1300°C-ийн хооронд хэлбэлзэх 276 цэгт махны зоорь, FDD-TDD-гийн зөрүү 0...-500°C-ийн хооронд хэлбэлзэх 271 цэгт хүнсний зориулалтай ногооны зоорь барихад тохиромжтой.

Энэхүү үр дүнг тус судалгааны талбайд өмнөн судалгаа хийж байсан судлаач нарын цахилгаан хайгуул болон хээрийн хэмжилтийн 10 цэгийн мэдээтэй харьцуулан үзэхэд 9 цэг дээр цэвдэгтэй болох нь батлагдсан. Харин мөсөн зоорь барих боломжит талбайн үр дүнг эрдэмтэн Н.Лонжидийн байгуулсан Улиастай ам болон Их тэнгэрийн аманд байрлах цул мөсөн зоорины байршилтай бүрэн давхцаж байна.

Дүгнэлт

Улаанбаатар хот орчимд байгалийн хөргөлттэй мөсөн зоорь барихад тохиромжтой газар нутгийг тодорхойлох судалгаагаар дараах дүгнэлтүүдэд хүрлээ. Судалгааны талбайн жилийн нийлбэр цацрагийн хэмжээ 506-2435 Вт/м² хооронд хэлбэлзэх бөгөөд энэ нь гадаргын өндрийн ялгаа, зүг зовхисоос хамаарч байна. Харин налуугийн хувьд 0-5 градусын утгыг уул болон голын хөндий илтгэх бол NDMI-ийн 0.0-ээс их утгыг чийгтэй газар, NDVI-ийн +0.2...+0.5 утгыг ургамал бүрхэвчтэй газар, +0.5-аас дээш утгыг ойн бүрхэвчтэй газруудыг илтгэнэ.

Дээрх гадаргын хэв шинжийн үр дүнг ашиглан загварчлалын аргазүйгээр цэвдгийн тархалтыг зурагласан ба бидний судалгааны талбайн 1063.8 км² нь уулын цэвдэг, 158.9 км² нь хөндийн цэвдэг, 192.3 км² нь хотосын цэвдэг тархсан ба нийт талбайн 36 хувийг эзэлнэ. Үүнээс 89 км² цэвдэгтэй талбайтай Улаанбаатар хотын суурьшлын бүс давхацсан байна. Энэ нь тухайн талбайд баригдсан байшин барилга, хатуу хучилттай замууд цэвдгийн гэсэлтийн суулт, деформацийн нөлөөнд орж хагарч, цуурч цаашлаад ашиглагдах боломжгүй болж буй нь нийгэм эдийн засаг болоод эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлдөг. Гэвч тухайн инженерийн барилга,

байгууламж ямар учраас энэ төрлийн хохиролд өртсөнг аж ахуй нэгж байгуулга, иргэд оновчтой тодорхойлж чаддаггүй явдал хамгийн том асуудал болж байна.

Улаанбаатар хотын агаарын хоногийн дундаж хасах FDD болон нэмэх TDD температурын нийлбэрүүдийн зөрүүг авч үзвэл зүүн болон хойд зүгт сөрөг буюу -1290°C хүртэл ихээхэн хүйтний нөөц хуримтлагддаг бол баруун урд зүгт эерэг буюу $+169^{\circ}\text{C}$ хүрнэ. Олон шалгуурын арга зүй дээр тулгуурлан байгалийн хөргөлттэй мөсөн зoorь барихад тохиромжтой 557 боломжит цэгийг тодорхойлоход FDD-TDD-гийн зөрүү нь $-500\text{...}-1300^{\circ}\text{C}$ -ийн хооронд хэлбэлзэх хүйтний нөөц ихээр хуримтлагдах 276 цэгт махны зoorь, $0\text{...}-500^{\circ}\text{C}$ -ийн хооронд хэлбэлзэх 271 цэгт хүнсний зориулалтай ногооны зoorь барихад тохиромжтой байна. Иймд Монгол орны уур амьсгал болоод гадаргын нөхцөл, цэвдгийн тархалтын онцлогт суурилан судалгааны талбай орчимд байгалийн хөргөлттэй мөсөн зoorь барих бүрэн боломжтой байна.

Уг судалгааны үр дүнг маш сайн шалгуур, тохируулга хийсэн тохиолдолд Улаанбаатар хотын ерөнхий төлөвлөгөөнд тусгаж, үйлдвэрлэлтэй холбож бодит ажил болгох боломжтой юм. Судлаачдын ашигласан ажиглалт-туршилтын загварын үр дүнг хээрийн хэмжилт болон цаг уурын ертөөний мэдээтэй харьцуулан үзэхэд цаашид энэ төрлийн судалгаанд ялгаатай бүс нутагт бүрэн ашиглах боломжтой болох нь харагдана.

Талархал

Энэхүү судалгааны ажлыг хийхэд дэмжлэг үзүүлсэн хамтран зохиогчид болон, судалгаанд шаардлагатай мэдээ материалаар хангасан доктор Ц.Базарханд, судлаач А.Мөнгөнхуяг болон ШУА-ийн Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэнгийн Цэвдэг судлалын салбарын судлаачдад талархал илэрхийлье.

Ном зүй

1. Баттогтох, Д. (2005). Улаанбаатар хот орчмын цэвдгийн тархалт ба динамик. *[Магистрийн ажил]*. МУИС. Улаанбаатар хот.
2. Гансүх, Я. (2016). MODIS-ын гадаргын температурын мэдээ боловсруулах аргазүй. *[Магистрийн ажил]*. МУИС. Улаанбаатар хот.
3. Дашцэрэн, А. (2008). Улаанбаатар хот орчмын хөндий, хотосын олон жилийн цэвдгийн зураглал *[Магистрийн ажил]*. МУИС. Улаанбаатар хот.
4. Дашцэрэн, А. (2015). Богино долгионт цацрагийн хуваарилалтад үзүүлэх хотгор гүдгэр, газрын бүрхэвчийн нөлөө. *Монгол орны Газарзүйн Асуудал*, 11(27). Улаанбаатар хот.
5. Дашцэрэн, А., Жамбалжав, Я., Тэмүүжин, Х., Цогт-Эрдэнэ, Г., Уламбаяр, Г. (2019). Монгол орны зарим нэг сумын төвүүдийн цэвдэг ба инженерийн байгууламжийн өнөөгийн байдал. *Монгол орны Газарзүй-Геоэкологийн Асуудал* №40. Улаанбаатар хот.
6. Жамбалжав, Я. (2009). Уулархаг нутгийн олон жилийн цэвдгийн зураглалд загварчлалын аргыг хэрэглэх боломж *[Докторын диссертаци]*. МУИС. Улаанбаатар хот.
7. Жамбалжав, Я. (2017a). Монгол орны цэвдгийн өөрчлөлт. *Монголын орны байгаль орчин I боть*. Мөнхийн үсэг. Улаанбаатар хот.
8. Жамбалжав, Я. (2017b). *Монгол орны цэвдгийн тархалт, өөрчлөлт*. Колорфул ХХК. Улаанбаатар хот.
9. Жамбалжав, Я., Ванчиг, Т., Баттогтох, Д., Саруулзаяа, А., Дашцэрэн, А. (2013). *Монгол орны мөнх цэвдгийн урт хугацааны мониторинг судалгаа*. Улаанбаатар хот.
10. Лонжид, Н. (1963). *Улаанбаатар хот орчим геоэкологийн талаар судалгаа хийсэн тухай*. Улаанбаатар хот.
11. Лонжид, Н. (1963). *Монгол орны цэвдэгт чулуулаг*. Улаанбаатар хот.
12. Лонжид, Н. (1964). *Жигд хөргөлтийн мөсөн агуулах*. Сүхбаатарын нэрэмжит Хэвлэлийн комбинат. Улаанбаатар хот.
13. Лонжид, Н. (1986). *Хүнсний бүтээгдэхүүн хадгалах мөсөн зoorь*. Улсын хэвлэлийн газар. Улаанбаатар хот.
14. Лонжид, Н., & Бат-Эрдэнэ, Д. (1987). Мөсөн барилга байгууламж. *Монгол орны Газарзүйн Асуудал*, 24, 133–138. Улаанбаатар хот.
15. Орхонсэлэнгэ, А. (2003). Улаанбаатар хотын газар төлөвлөлтөнд гадаргын нөхцөлийг харгалзах нь. *Монгол орны Газар Зүйн Асуудал*, 2. Улаанбаатар хот.

16. Сономдагва, Ч., Бямбацэрэн, Ч., Даваадорж, Д. (2016). Улаанбаатар хотын суурьшлын бүсийн хөрсний бохирдлын судалгааны зарим дүн. *Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences*, 114–126. <https://doi.org/10.5564/pmas.v56i01.681>
17. Төмөрбаатар, Д. (1969). *Нийслэл Улаанбаатар хотын ул хөрсний улирлын хөлдөлт, гэсэлтийн 1:25000 масштабтай зургийн тайлбар дүгнэлт*. Улаанбаатар хот.
18. Тэмүүжин, Х., Дашцэрэн, А., & Уламбаяр, Г. (2018). Бичил бүс нутагт цэвдгийн тархалтыг зураглах нь. *Хүрэлтогоот-2018*. Улаанбаатар хот.
19. Цогт-Эрдэнэ, Г., Жамбалжав, Я., & Саруулзаяа, А. (2018). Цэвдэгт бүс нутгийн авто замын эвдрэлийн шалтгаан түүнийг шийдвэрлэх аргууд. *Хүрэлтогоот-2018*. Улаанбаатар хот.
20. Dashtseren, A. (2015). Study on the ground thermal regimes under a forest-steppe mosaic in the area of discontinuous permafrost, Mongolia [Doctoral thesis]. Hokkaido University.
21. French, H.M. (2007). Permafrost. In *The Periglacial Environment*, H.M. French (Ed.). <https://doi.org/10.1002/9781118684931.ch5>
22. Ishikawa, M., Iijima, Y., & Zhang, Y. (2006, April). Thermal symbiotic system of permafrost and forest, northeast of Mongolia. Proceeding of the International Symposium on Terrestrial and Climate Change in Mongolia.
23. Yamkhin, J., Yadamsuren, G., Khurelbaatar, T., et al. (2022). Spatial distribution mapping of permafrost in Mongolia using TTOP. *Permafrost and Periglac Process*. 33(4): 386-405. doi:10.1002/ppp.2165
24. Ma, X., Wu, T., Zhu, X., Lou, P., Wang, D., Adiya, S., Avirmed, D., Dorjgotov, B., Chen, J., Shang, C., Wen, A., La, Y., Wei, X., & Li, R. (2022). Spatiotemporal Variations in the Air Freezing and Thawing Index Over the Mongolian Plateau From 1901 to 2019. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.875450>
25. Maslakov, A., Sotnikova, K., Gribovskii, G., & Evlanov, D. (2022). Thermal Simulation of Ice Cellars as a Basis for Food Security and Energy Sustainability of Isolated Indigenous Communities in the Arctic. *Energies*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/en15030972>
26. Nyland, K. E., Klene, A. E., Brown, J., Shiklomanov, N. I., Nelson, F. E., Streletskiy, D. A., & Yoshikawa, K. (2017). Traditional Iñupiat Ice Cellars (SIĠĪUAQ) in Barrow, Alaska: Characteristics, Temperature Monitoring, and Distribution. *Geographical Review*, 107 (1), 143–158. <https://doi.org/10.1111/j.1931-0846.2016.12204.x>
27. Prosekov, A. Y., & Ivanova, S. A. (2018). Food security: The challenge of the present. In *Geoforum* (Vol. 91, pp. 73–77). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.02.030>
28. Riseborough, D., Shiklomanov, N., Etzelmüller, B., Gruber, S., & Marchenko, S. (2008). Recent advances in permafrost modelling. In *Permafrost and Periglacial Processes* (Vol. 19, Issue 2, pp. 137–156). <https://doi.org/10.1002/ppp.615>
29. World Food and Agriculture-Statistical Yearbook 2021. (2021). FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4477en>