

## Эмээлт Орчмын Талбайн Сейсмик Долгионд Үзүүлэх Нөлөөлөл

М.Дэмбэрэлдулам (M.S) Ч.Одонбаатар (Ph.D)

Монгол улс, ШУА-ийн Одон Орон, Геофизикийн хүрээлэн

[m\\_demberel@iag.ac.mn](mailto:m_demberel@iag.ac.mn)

Газар хөдлөлтийн долгион нь сэвсгэр хурдсанд тодорхой давтамжийн мужид өсгөлт болдог. Энэхүү резонанс болох давтамжийн мужлалын зургийг зохиох зорилгоор Эмээлт судалгааны талбайд инженер геологи болон геофизикийн судалгаанаас гадна 90 цэгт сейсмик шумын хэмжилт, 8 цэгт сул газар хөдлөлийн хэмжилт хийв. Зонхилох давтамжийн мужлалыг сул газар хөдлөлт болон микротреморын хувьд спектр харьцааны аргаар тодорхойлов. Харин хөрсний өсгөлтийг тооцоолохдоо сейсмик хайгуул, гравихайгуул болон онолоор тооцоолон гаргасан синтетик сейсмограмыг хэрэглэв. Судалгааны ажлын үр дүнгээс харахад Эмээлт орчмын талбай нь 2- 4 Гц, 4- 8 Гц, 8- 12 Гц болон зонхилох давтамжгүй гэсэн 4 давтамжийн бүсэд хуваагдаж байна. Эдгээр давтамжийн бүс бүрийн хувьд хөрсний оргил хурдатгалын өсгөлтийн хэмжээг онолын болон эмпирик аргаар тооцоолон гаргав.

**Түлхүүр үг:** газар хөдлөлтийн аюулын үнэлгээ, хөрсний оргил хурдатгал, зонхилох давтамж

PACS numbers: 91.30.Bi, 91.30.Px

### I. УДИРДТГАЛ

Газар хөдлөлтийн аюулын үнэлгээ нь дараах 3 хэсгээс хамаардаг. Үүнд: Голомтод үүсэх үйлчлэл, долгионы тархалтын зайнаас хамаарах замхрал болон үнэлгээ хийж буй газрын орчны геологийн долгионд үзүүлэх нөлөөлөл гэсэн үндсэн гурван параметр орно. Энэхүү орчны геологийн газар хөдлөлтийн долгионд үзүүлэх үйлчлэлийг Site effect буюу талбайн нөлөөлөл гэнэ. Талбайн нөлөөлөл нь тухайн орчны инженер геологийн нөхцөл, хөрсний усны гүн болон сэвсгэр хурдасны зузаан, түүгээр тархах сейсмик долгионы хурд, орчны топограф зэргээс хүчтэй хамаардаг. Талбайн нөлөөллийг судлахдаа олон улсын практикт олон янзын аргачлал хэрэглэж байна. Тухайн орчны инженер геологи болон усны түвшнээс хамаарах баллын зөрүүг бодох аргыг [1] Улаанбаатар хотын бичил мужлалын ажлыг хийхэд ашиглаж байсан байна. Түүнчлэн Америк, Турк зэрэг оронд 30 метр хүртэлх хөрсөөр тархах хөндлөн долгионы дундаж хурдны утгаар нь ( $V_s30$ ) долгионы амлитудын дундаж өсгөлтийг үнэлэх аргачлалыг бичил мужлалын норм дүрэмд тусган оруулсан байдаг. [4] Сүүлийн жилүүдэд сэвсгэр хурдасны хариу спектрийг хадан болон сэвсгэр хурдсанд бичигдсэн газар хөдлөлтийн спектр харьцаагаар тодорхойлох [2], тухайн орчны физик параметрийг тодорхойлсноор онолын хувьд сэвсгэр хурдасны өсгөлт болон өсгөлт болж буй давтамжийг тодорхойлох арга түгээмэл болсоор байна. Түүнчлэн хөрсний зонхилох давтамжийг хөндлөн долгионы босоо болон хэвтээ байгуулагчийн спектр харьцааны аргаар тодорхойлж байна. [3] Энэхүү

судалгааны ажилд талбайн нөлөөллийг тогтоохдоо микротремор болон сул газар хөдлөлтийн спектр харьцааны арга болон шууд бусаар онолын хувьд тооцоолох аргачлалыг сонгон ажилласан. Онолын хувьд газар хөдлөлтийн долгионд хөрсний үзүүлэх нөлөөллийг тооцоолохын тулд хөрсний үе давхаргын зузаан болон сейсмик долгионы хурд, нягт зэрэг физик параметрууд хэрэг болдог. Эдгээр параметруудийг судалгааны талбайд хийсэн чичирхийлэл болон гравиметрийн судалгааны ажлуудын үр дүнгээс авсан болно.

### II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Хөрсний зонхилох давтамж буюу резонанс болох давтамжийг үнэлэхдээ стандарт спектр харьцааны (SSR) арга, микротреморын босоо болон хэвтээ байгуулагчийн спектр харьцааны (HV) аргаар тодорхойлсон [2]. Харин тухайн хөрсний сейсмик долгионы максимум утгын өсгөлт болгох хэмжээг үнэлэхдээ онолын хувьд хэвтээ үелсэн орчинд тархах долгионы тархалтыг шугаман аргаар тооцоолон гаргасан болно. Энэхүү гарсан үр дүнг 30 метр хүртэлх хөрсөнд тархах хөндлөн сейсмик долгионы хурднаас эмпирик аргаар тооцоолсон үр дүнтэй харьцуулан үнэлгээг хийсэн болно.

#### A. Стандарт спектр харьцааны арга:

АНУ-ын эрдэмтэн Борчерд сэвсгэр ба эталон (хадан) хөрсөн дээр нэгэн зэрэг бичигдсэн газар хөдлөлийн далайцын спектрийг харьцуулснаар тухайн долгион нь сэвсгэр хурдсанд хадан хөрстэй харьцангуйгаар ямар давтамжийн мужид хэд

дахин өсгөж байгааг тодорхойлж болно гэсэн санааг гаргасан байна [2]. Хүчтэй газар хөдлөлтийн хувьд шугаман бус процесс явагддаг тул энэхүү спектр харьцаа нь хөрсний өсгөлтийг үнэн зөв илэрхийлж чаддаггүй байна. Харин өсгөлт болох давтамжийг нарийн тодорхойлох боломжтой юм. Энэхүү аргачлалыг Стандарт Спектр Харьцааны (SSR-Standard Spectral Ratio) [CCX] арга гэнэ. Хэрвээ давтамжийн тооллын систем (f)- д, j-р газар хөдлөлт i-р цэгт бичигдсэн гэвэл түүний далайцын спектрийг “convolution” теоремоор илэрхийлбэл:

$$A_{ij} = O_j(f) * P_{ij}(f) * S_i(f) \quad (1.1)$$

Үүнд:  $O_j(f)$ - голомтын спектр

$P_{ij}(f)$ - зайнаас хамаарах замхралын параметр

$S_i(f)$ - талбайн нөлөөлөл.

Хэрвээ хадан болон сэвсгэр хөрсөнд нэг л газар хөдлөлт бичигдсэн гэвэл эхний хэсэг болох  $O_j(f)$ - нь буюу голомтын нөлөөлөл нь тус хоёр хөрсний хувьд адилхан байна. Түүнчлэн газар хөдлөлийн зайтай харьцангуйгаар хадан болон талбайн цэгийн хоорондох зай маш бага гэж үзвэл  $P_{ij}(f)$ -буюу долгионы зайнаас хамаарсан замхрал нь мөн л ижилхэн гэж үзэж болно.

Дээрх 2 нөхцөлийг хангасан тохиолдолд хадан (эталон) хөрсний сейсмик долгионд үзүүлэх нөлөөллийг 1 гэж үзвэл талбайн нөлөөлөл нь:

$$S_i(f) = A_{ij} / A_{rj} \quad (1.2)$$

болно.

#### В. Н/V спектр харьцааны арга:

Микротреморын хэвтээ ба босоо чиглэлээр тархаж буй сейсмик долгионы далайцын спектрийн харьцаа (Н/V)- гаар талбайн нөлөөллийг судлах аргыг далаад оны эхээр японы эрдэмтэд анх танилцуулсан. 1989 онд Накамура Н/V харьцаагаар талбайн нөлөөллийг тодорхойлж болно гэж үзсэн байна. [3]. Сүүлийн үеийн судалгааны үр дүнгээс харахад энэхүү арга нь зонхилох давтамж тодорхойлоход тогтвортой сайн үр дүн өгч байгаа боловч тухайн сейсмик долгионы далайцын өсгөлтийн хувьд янз бүр байгааг тодорхойлсон байна. [5],[6] Хөрсний микросейсмийг, гадаргуун ба эзлэхүүний долгионд задалж авч үзвэл:

$$S^{NH}(f) = S_b^H(f) + S_s^H(f) = H_T(f) \cdot R_b^H(f) + S_s^H(f) \quad (1.3)$$

$$S^{NV}(f) = S_b^V(f) + S_s^V(f) = H_V(f) \cdot R_b^V(f) + S_s^V(f) \quad (1.4)$$

гэж илэрхийлж болно.

Үүнд: индекс N- Накамура, Н- хэвтээ байгуулагч, V- босоо байгуулагч, b- эзлэхүүний долгион, S- гадаргуугийн долгион, f- давтамж,  $R_b^V$ —эталон цэгт бичигдсэн

эзлэхүүний долгионы спектр, Н<sub>T</sub>-давтамжаас хамаарсан хөрсний далайцын өсгөлтийн функц. Дээрх томъёоноос микросейсмийн хэвтээ ба босоо байгуулагчийн харьцааг тодорхойлбол:

$$\beta = S_s^V(f) / R_b^V(f) \quad (1.5)$$

Үүнд:  $A_r^{NHV}$ - эталон цэгийн босоо ба хэвтээ байгуулагчийн харьцаа.

$\beta$ - гадаргуун долгионы босоо байгуулагчийн харьцангуй харьцаа

$A_s$  – гадаргуун долгионы босоо ба хэвтээ байгуулагчийн харьцаа.

(1.5) томъёонд дараах нөхцөлийг аксиом болгон авч үзвэл:

1. босоо байгуулагч дээр өсгөлт байхгүй.
2. Эталон цэгийн микросейсмийн хэвтээ ба босоо байгуулагчийн харьцаа 1.
3. резонанс болох давтамж (f<sub>HO</sub>) хувьд  $\beta \ll 1$
4.  $A_s(f_{HO}) \ll H_T(f_{HO})$

$$\text{Эндээс } A^{NHV}(f_{HO}) = H_T(f_{HO}) \quad (1.6)$$

Энэ томъёоноос хөрсний хэлбэлзлийн далайцын өсгөлт резонанс болох давтамж дээрх утга нь хөрсний микросейсмийн Н/V спектрын харьцаатай тэнцүү байна.

#### IV. ТАЛБАЙН ХЭМЖИЛТ:

Судалгаанд 8 ширхэг Guralp 3EPSC өргөн зурвасын 3 байгуулагч бүхий сейсмометр хэрэглэв. Газар хөдлөлт бүртгэх багажийг Зураг 1 -д үзүүлэв.

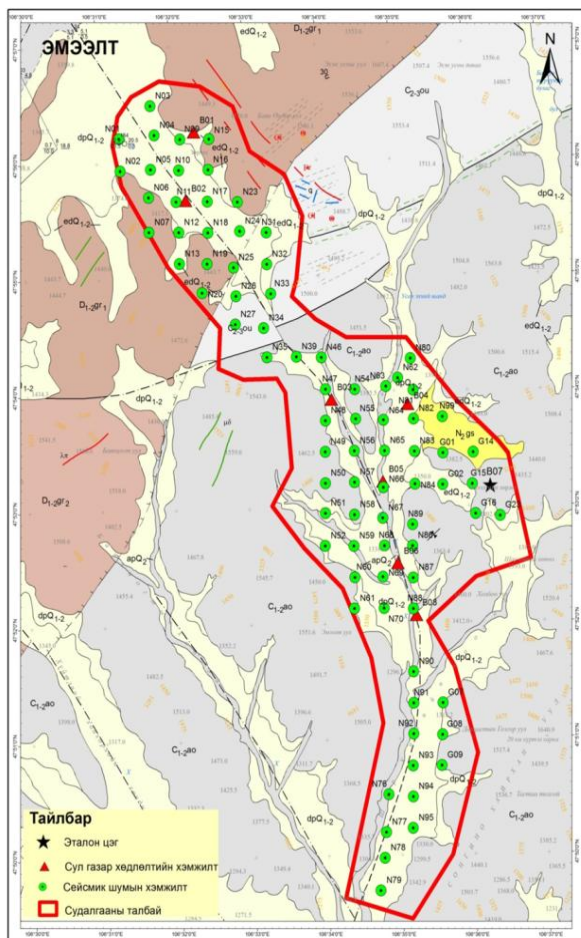


Зураг 1. Газар хөдлөлт бүртгэх багаж.

Судалгааны талбай нь Улаанбаатар хотоос 25 км зайтай болно. Талбайд хоёр төрлийн хэмжилт хийсэн ба хэмжилтийн цэгүүдийн байрлалыг Зураг 2-т үзүүлэв.

**А. Сул газар хөдлөлтийн хэмжилт (weakmotion survey):** Энэхүү хэмжилтийн зорилго нь газар хөдлөлт болон уурхайн тэсэлгээнээс үүссэн сигналыг бүртгэж авахад оршино. Хэмжилтийг 8 цэг дээр хийсэн ба В07 цэгийг эталон цэг болгон хадан хөрсөнд станцыг суурилуулав. Бусад цэгийг инженер геологийн нөхцөлөөрөө өөр өөр хөрстэй газарт суурилуулсан болно. Хэмжилтийг тасралтгүй 14 хоногийн турш хийсэн. Хэмжилтийн хугацаанд манай багажид магнитуд нь ( $M > 2$ ) 2- оос дээш 28 газар хөдлөлт бүртгэгдсэн (Хүснэгт 1).

**В. Сейсмик шумын хэмжилт (Noise survey):** Хэмжилтийг судалгааны талбайд 500 м тор таган нийт 90 цэг дээр хийсэн.



Зураг 2. Хэмжилтийн цэгүүдийн байрлал.

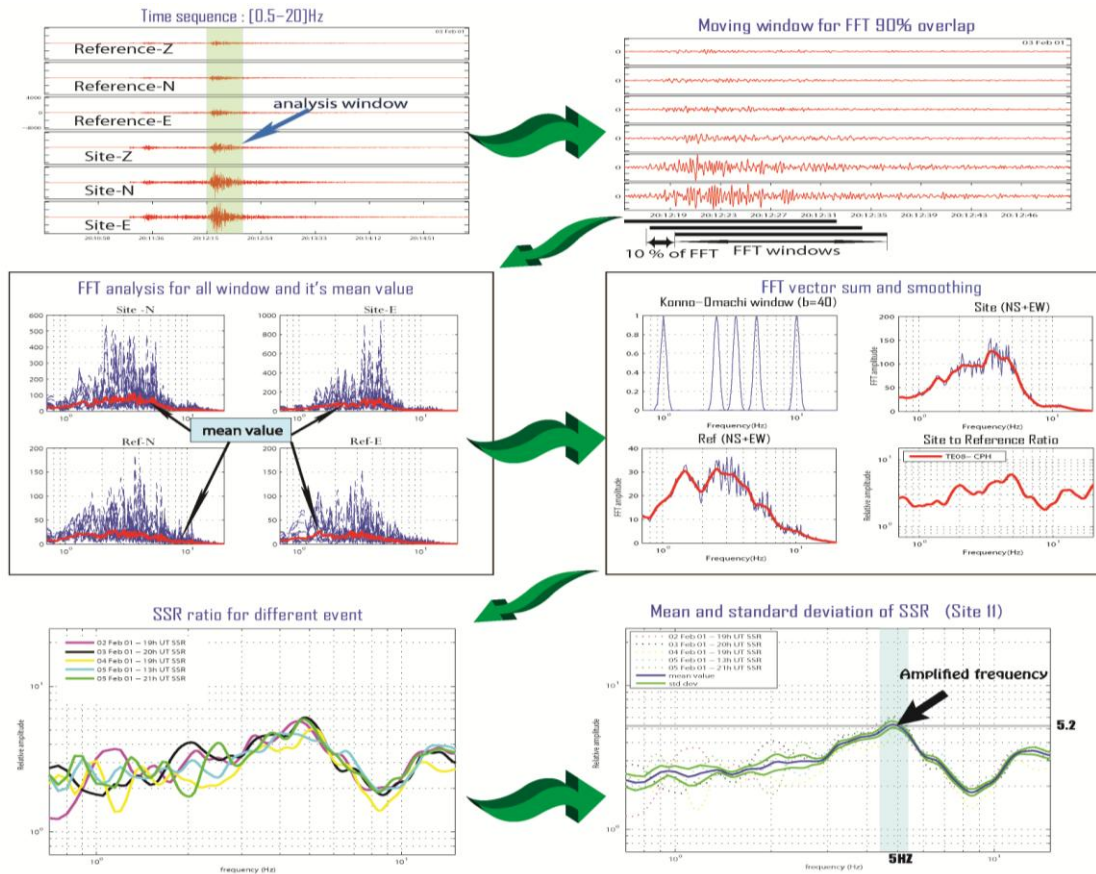
Хүснэгт 1. Судалгаанд ашигласан газар хөдлөлтийн жагсаалт.

Он сар өдөр	Эхэлсэн хугацаа (t <sub>0</sub> )	UTMX	UTMY	Магнитуд (M)	Газрын нэр
2013.02.07	18:59:16	568787.53	1233743.99	5.75	Honiara
2013.02.08	11:12:14	485823.26	1272374.53	6.19	Honiara
2013.02.09	1:57:03	462022.56	5326429.20	3.12	Төв Жаргалант
2013.02.09	3:08:20	461262.90	5324211.25	3.12	Булган Баяннуур
2013.02.09	21:02:21	559981.43	1271322.98	6	Honiara
2013.02.10	14:19:26	513157.74	5430806.34	2.76	Сэлэнгэ Орхонтуул
2013.02.10	21:10:26	323125.15	4633094.77	3.39	Баян-овоо тэсэлгээ
2013.02.11	19:12:59	466873.92	4263581.06	5.05	Hami China
2013.02.11	19:43:31	289721.41	5342402.61	2.05	Төв Мөнгөнморьт
2013.02.12	22:24:58	785021.15	781170.79	5.87	Darwin
2013.02.13	3:57:47	667926.49	3376601.90	5.38	Seoul
2013.02.13	11:00:19	717809.94	350589.91	5.78	Singapore
2013.02.14	1:51:11	595161.57	5466078.39	3.88	Увс Цагаанхайрхан
2013.02.14	13:13:54	568884.70	7499169.37	6.57	Хөвсгөл Цагаанхайрхан
2013.02.14	20:26:15	562176.56	7548073.80	4.47	Хөвсгөл Цагаан-Уул
2013.02.14	21:37:15	296927.74	5737329.03	2.97	Хөвсгөл Ханх
2013.02.15	15:31:39	473901.68	5318582.39	2.5	Tov Jargalant
2013.02.15	16:32:42	486830.62	7583036.14	4.78	Huvsgul Tsagaan-Uul
2013.02.16	5:42:56	560058.94	5128787.16	2.94	dundgovi Adaatsag
2013.02.16	18:29:29	429062.86	1249229.74	5.26	Honiara
2013.02.16	22:17:25	507323.84	4771923.64	5.55	Tokyo
2013.02.18	6:09:53	464994.39	5325298.77	2.85	Төв Жаргалант
2013.02.19	10:07:58	525414.21	5127433.33	2.78	Дундговь Адаацаг
2013.02.19	15:06:39	532089.29	5565412.41	2.79	Сэлэнгэ Цагааннуур
2013.02.19	23:37:31	290586.84	5345709.33	3.04	Төв Мөнгөнморьт
2013.02.21	0:54:25	469031.83	4761995.32	3.45	Өмнөговь Номгон

## V. БОЛОВСРУУЛАЛТ

Сул газар хөдлөлтийн хэмжилт, сейсмик шумын хэмжилтийн боловсруулалтыг хийхдээ МАТЛАБ програмчлалын орчинд бичсэн “SITE EFFECT” программыг хэрэглэсэн болно. Тооцоолол хийсэн ерөнхий схемийг Зураг 3-т үзүүлэв.

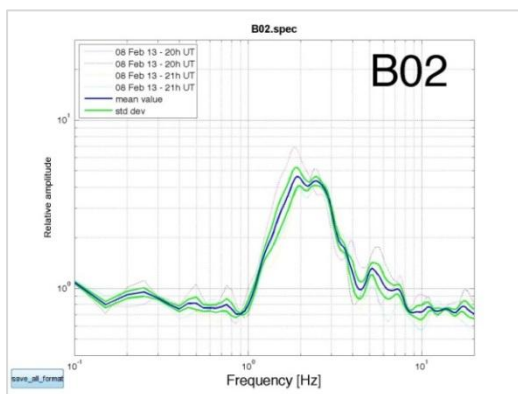




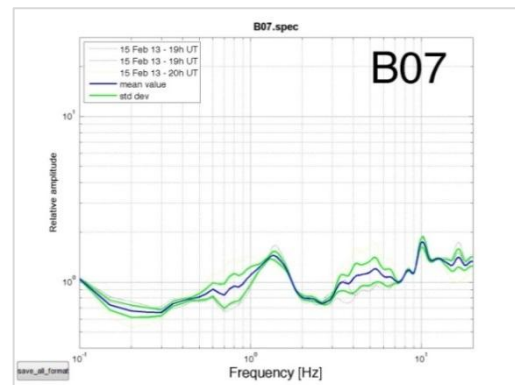
Зураг 3. Site effect программ- Спектр харьцааг тооцоолох схем.

Сейсмик шумын хэмжилтийн Н/В харьцааг тодорхойлохдоо нийт бичигдсэн сейсмик шумын бичлэгээс хамгийн тогтвортой 10-15 минутын 2-3 хэсэг бичлэг дээр анализ хийж тэдгээрийн дундаж утгыг тооцоолон гаргаж авсан болно. Жишээ болгон B02 цэг B07 цэгт (хадан хөрсөн) хийсэн HV спектр харьцааны үр дүнг Зураг 4, Зураг 5 -д үзүүлэв.

Зураг 5-аас харахад хадан хөрсөн дээр ямар нэгэн өсгөлт ажиглагдахгүй байна.



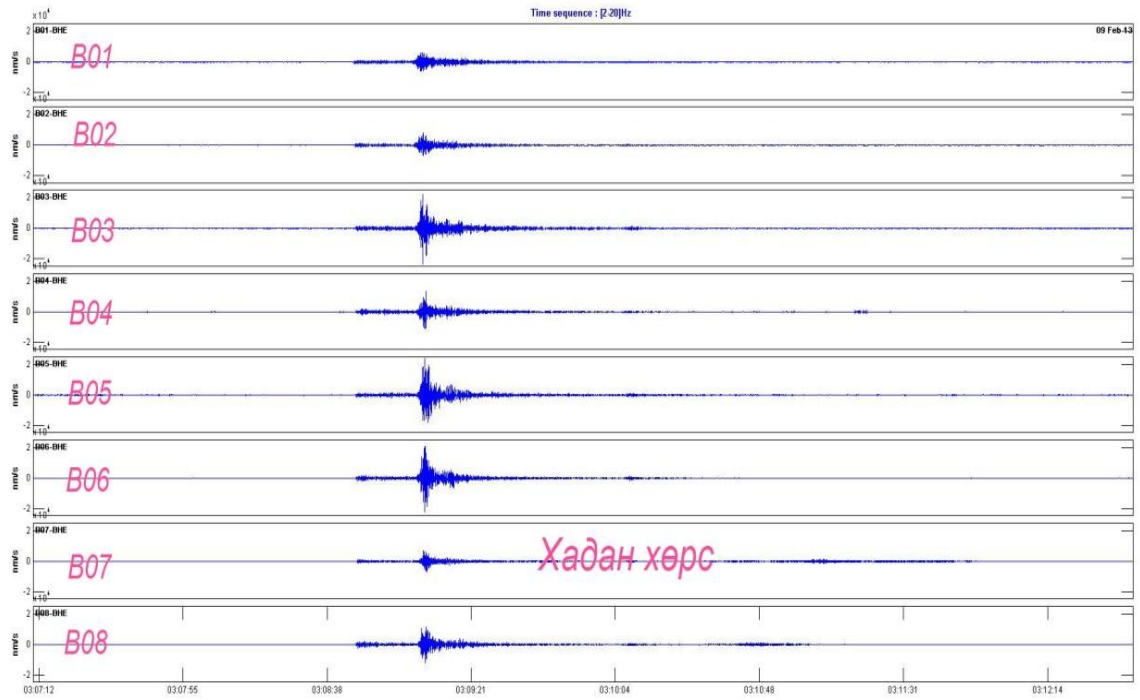
Зураг 4. HV спектр харьцааны үр дүн



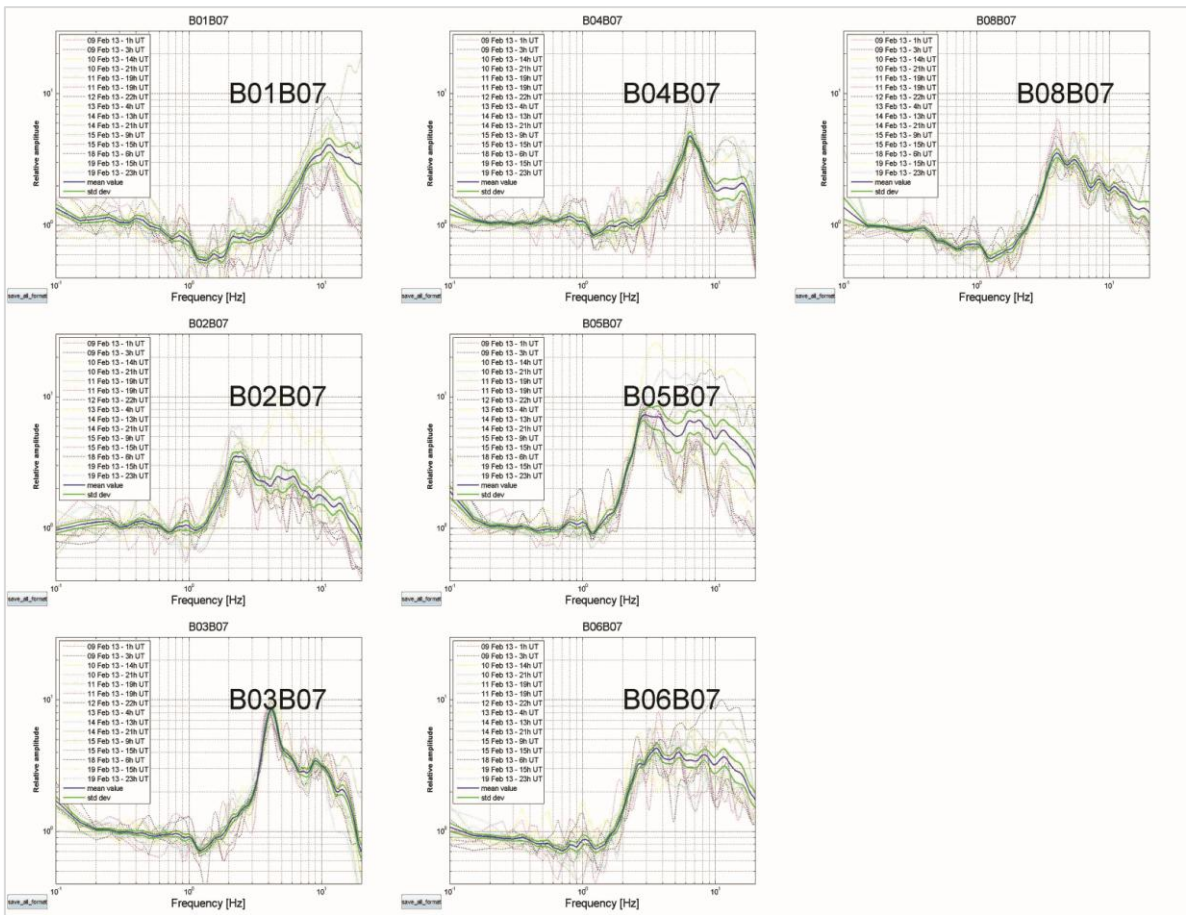
Зураг 5. Хадан хөрсөн дээр хийсэн HV спектр харьцааны үр дүн

Харин сул газар хөдлөлийн бичлэгт SSR анализ хийхдээ нийт бичлэгээс бүртгэгдсэн газар хөдлөлтүүдийн жагсаалтыг гарган авсан ба үүний дараа газар хөдлөлт бүрийн судалгааны талбай дахь S долгионы бичлэгийг эталон цэгийн газар хөдлөлийн S долгионы бичлэгтэй харьцуулсан болно.

Зураг 6-аас харахад, хадан хөрсөн дээр бичигдсэн долгионы амплитудын өсгөлт нь харьцангуйгаар бага амплитудтай бичигдсэн байгаа нь бусад цэг нь энэ цэгтэй харьцангуйгаар долгионыг өсгөж байна гэсэн үг юм.



Зураг 6. Хадан болон сэвсгэр хөрсөн дээр нэгэн зэрэг бичигдсэн газар хөдлөлтийн бичлэг.

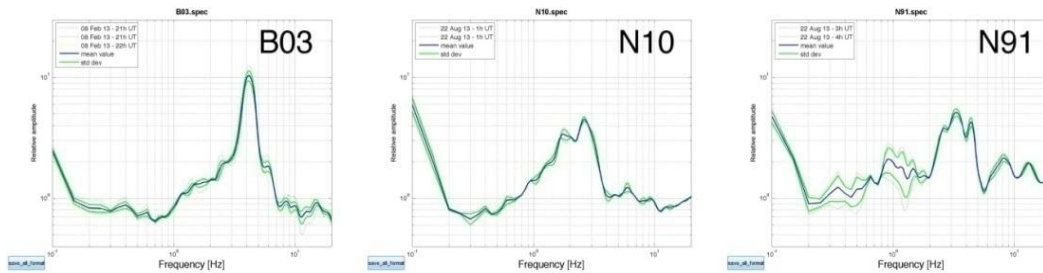


Зураг 7. Хэд хэдэн газар хөдлөлтөөр хийсэн SSR спектр харьцааны үр дүн

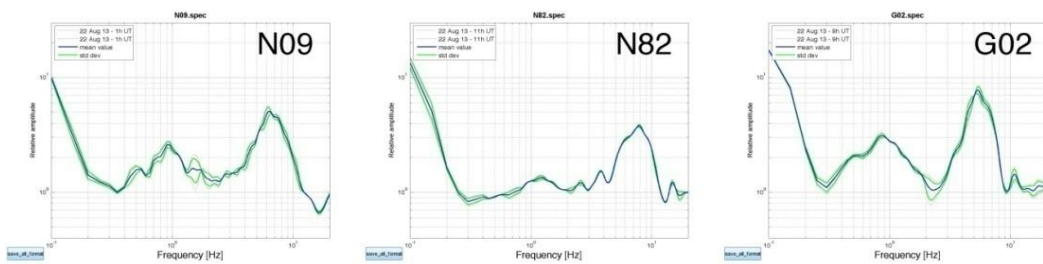
## VI. ҮР ДҮН

Сул газар хөдлөлт, сейсмик шумын хэмжилт хийсэн цэг бүрийн хувьд *Зураг 3-* т заасан схемийн дагуу спектр харьцааг тодорхойлсон болно. Спектр харьцаагаар судалгааны талбайн дөрөвдөгчийн хөрс ихээр тархсан хэсгээр суурилуулсан цэгүүдэд (B03, B05, N10, N68, N91 г.м ) голчлон 2- 4 Гц дээр өсгөлт үзүүлж байсан. Энэхүү хэсэг нь инженер геологийн зурагт тэмдэглэсэнээр дээд хэсэгтээ 5- 10 м дөрөвдөгчийн сэвсгэр хурдас бүхий аллюви- пролювийн гаралтай бор шаргал өнгөтэй, хатуу консистенцтай, элсэнцрээр чигжигдсэн сайр сайрган хөрс, доор нь 2- 5 м дөрөвдөгчийн делюви-пролювийн гаралтай бор шаргал өнгөтэй, хатуу консистенцтай шавранцар, ховроор элсэнцрээр чигжигдсэн хайр хайрган хөрстэй байна. (*Зураг 8*) Сейсмохайгуулын үр дүнгээр  $V_p$  0- 3 м гүнд 450- 530 м/с, түүнээс доош 25 м хүртэлх гүнд 550- 850 м/с хурдны үе давхарга ажиглагдсан. 2- 4 Гц- ийн давтамжийн бүсийн гадна талбайд суурилуулсан цэгүүдэд (G02, N82, N09,) 4- 8 Гц өсгөлт ажиглагдсан ба

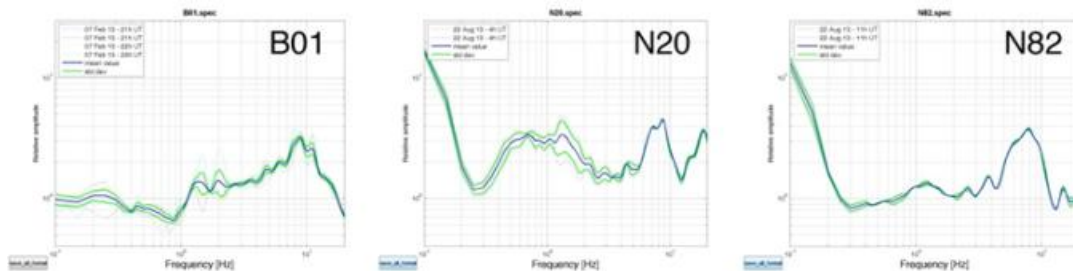
инженер геологийн зурагт тэмдэглэсэнээр дөрөвдөгчийн сэвсгэр хурдас бүхий делюви-пролюви гаралтай бор шаргал өнгөтэй, хатуу консистенцтай хайрга агуулсан элсэнцэр хөрс, доор нь неоген хөрстэй байна. (*Зураг 9*) Харин хадан хөрсөнд ойр сэвсгэр хурдасны зузаан бага болсон хэсэгт HV спектр харьцаа нь 8- 12 Гц мужид өсгөлт өгч байлаа. (*Зураг 10*) Уулархаг болон хадан илэрц бүхий хэсэгт суурилуулсан цэгүүдийн хувьд HV спектр харьцаа нь ямар нэгэн тодорхой давтамжийн хувьд өсгөлт байхгүй байлаа. (*Зураг 11*) Энэ хэсэг нь инженер геологийн зурагт үндсэн чулуулгийн хэсэгт хамаарагдах бөгөөд тунамал терриген гаралтай хар саарлаас ногоовтор саарал өнгөтэй, дээд хэсгээрээ өгөршиж ан цавчсан элсэн чулуун хөрстэй хэсэгт багтаж байна. Онцолж дурдахад сул газар хөдлөлтийн хэмжилтийн үр дүн, сейсмик шумын хэмжилтийн үр дүнгүүд хоорондоо нэлээд сайн тохирч байлаа. *Зураг 12-* т харуулав.



Зураг 8. HV спектр харьцаа.  $f=2-4$  Гц

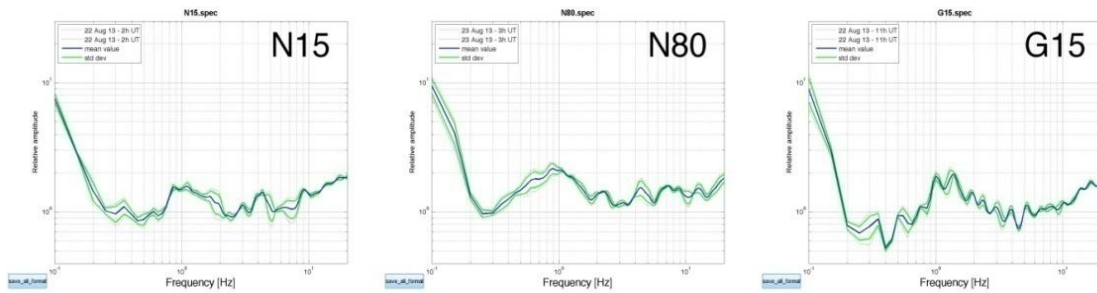


Зураг 9. HV спектр харьцаа.  $f=4-8$  Гц

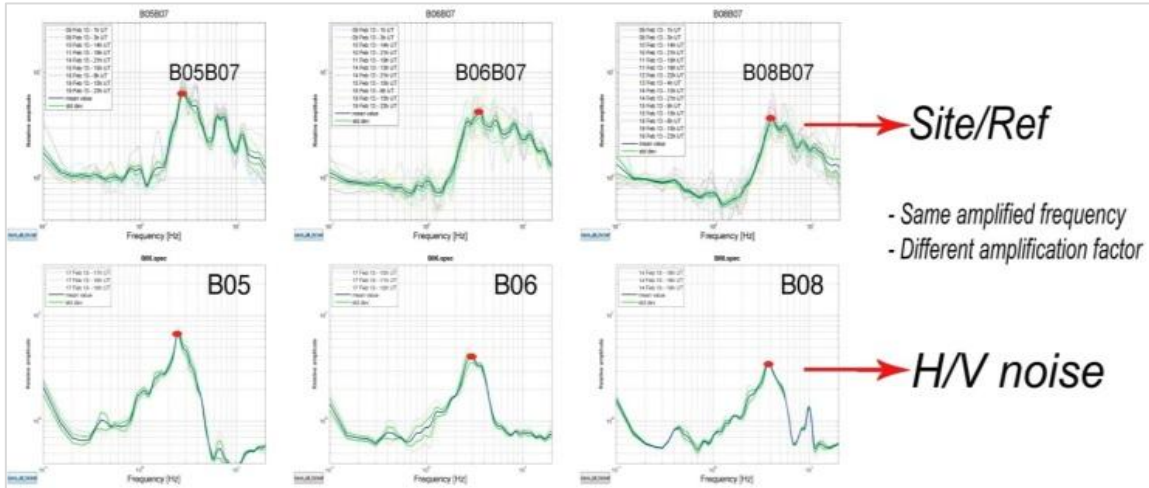


Зураг 10. HV спектр харьцаа.  $f=8-12$  Гц





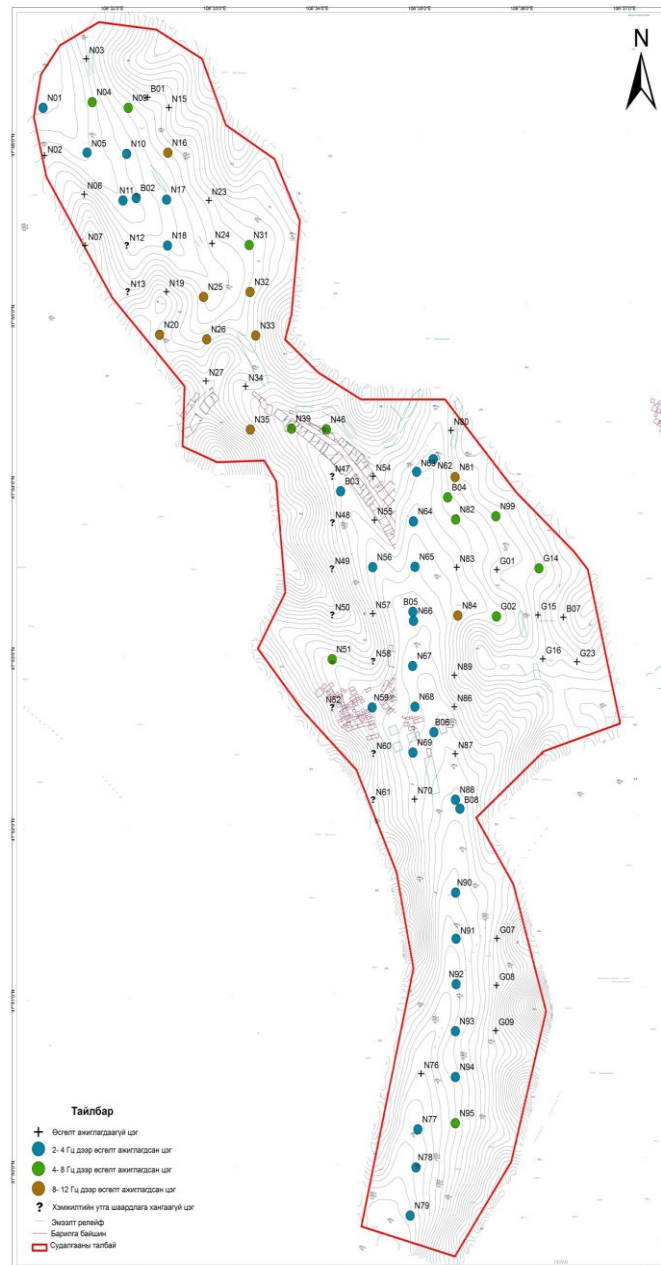
Зураг 11. Хадан хөрсөн дээр хийсэн HV спектр харьцаа.



Зураг 12 Ижил цэгт SSR, HV харьцуулсан байдал.

Нийт хийсэн цэгүүдийн HV спектр харьцааны пик болох давтамжийг Зураг 13- д үзүүллээ. Цэгүүдэд ажиглагдсан утга буюу зонхилох давтамжаар нь ангилсан болно. Түүнчлэн талбайд суурилуулсан ихэнх цэгүүдэд HV спектр харьцааны анализаар 1 Гц- ээс бага (жишээлбэл, N88, N06, G08 гэх мэт) давтамжийн хувьд огцом өсөлт ажиглагдаж байв. Энэхүү сейсмик шумын спектр харьцаанд үзүүлж байгаа 1 Гц орчмын утга нь сул газар хөдлөлтийн хадан болон сэвсгэр хурдасны спектр харьцаанд ажиглагдахгүй байна. Харин илүү өндөр давтамжид өсгөлт болж байгаа давтамж нь сул газар хөдлөлтийн хувьд ижилхэн долгионыг өсгөж байлаа. Тиймээс давтамжийн мужлалд энэхүү 1 Гц орчим үзүүлж байгаа пикийг тооцоонд оруулаагүй болно. Энэхүү 1 Гц дээрх давтамжийн хувьд сейсмик сигнал өсгөлт болохгүй байгаа боловч чухам яагаад HV харьцааны хувьд пик үзүүлж байгаа нь ихээхэн

сонирхол татаж байна. Учир нь сейсмик шумыг бид олон үүсгүүрээс ирж байгаа сейсмик сигналын нийлбэр гэж үзэх боломжтой юм. Энэ тохиолдолд зарим голомтоос ирэх долгионд өсгөлт үзүүлээд, заримд нь өсгөлт үзүүлэхгүй байна гэж үзэх үндэслэлтэй болж байгаа юм. Эмээлтийн талбайн хувьд Улаанбаатар хотоос холгүй орших Эмээлт уулаар хязгаарлагдаж байгаа бөгөөд ихэнх шум, үүсгүүр нь Улаанбаатар хотын зүгт байгаа билээ. Энэ тохиолдолд бид цаашид сейсмик шумын ирж байгаа чиглэл болон замд байгаа уулын хэмжээ зэргийг оролцуулан загвар гарган тооцоолол хийж үзэх хэрэгтэй юм. Нөгөө талаас сейсмик сүлжээ станц суурилуулан нарийвчилсан судалгаа хийж 1 Гц орчим хэвтээ болон босоо байгуулагчид ирж буй сигналын эх үүсвэрийг нарийвчлан судлах шаардлага урган гарч байна.

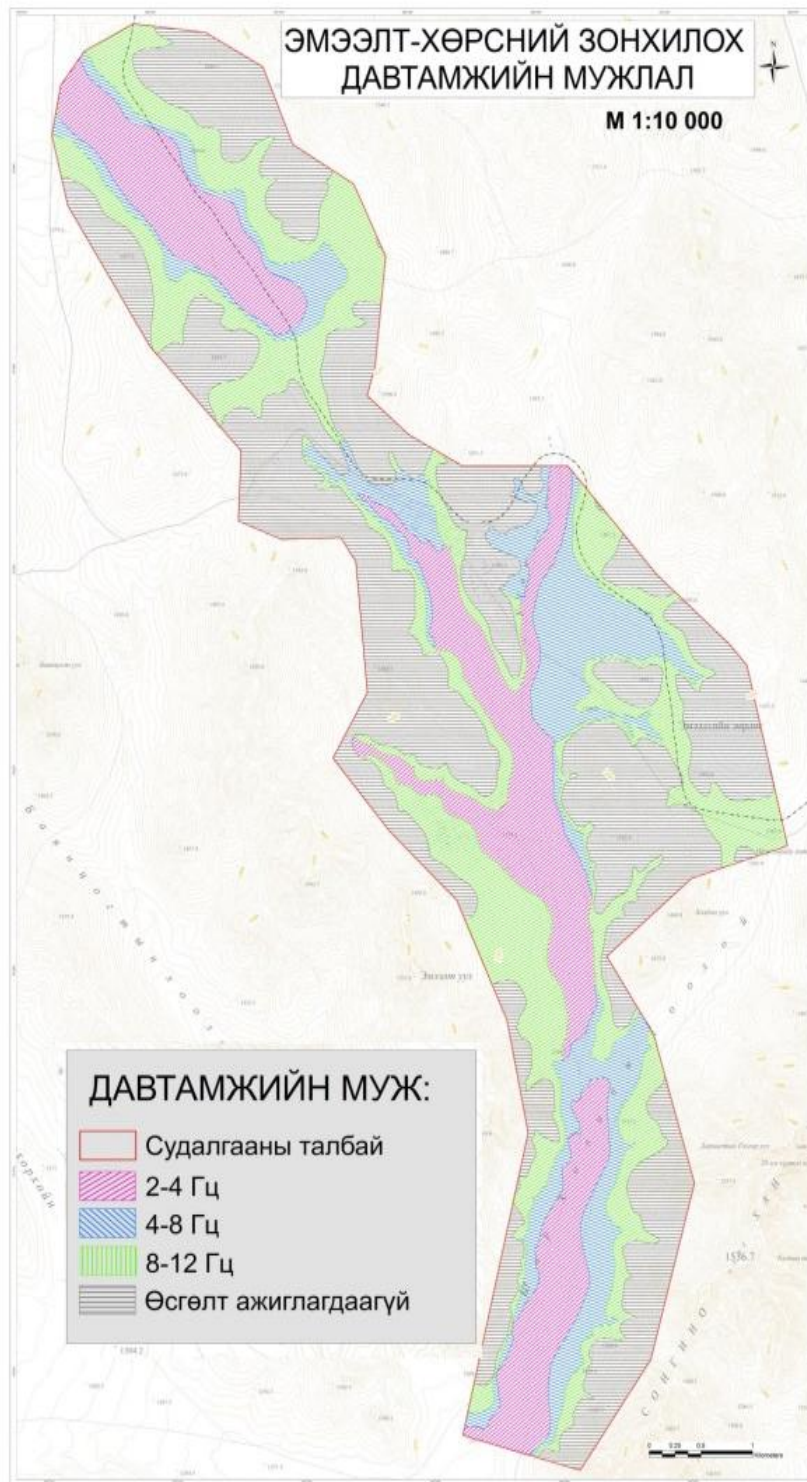


Зураг 13. Сейсмик шум ба сул газар хөдлөлт бичсэн цэгүүдийн HV спектр харьцааны тик болох давтамж.

Эдгээр ажиглагдсан утгыг геофизикийн хэмжилтийн үр дүн, топоо зурагт тулгуурлан Эмээлтийн талбайг 2- 4 Гц, 4- 8 Гц, 8- 12 Гц болон зонхилох давтамж үгүй хэсэг гэж 4 бүсэд хуваасан болно. Эдгээр давтамжийн

бүсүүдийн хил хязгаарыг “ОРХОНГИДРОГЕО” ХХК- ны гүйцэтгэсэн инженер геологийн мужлалын зургийн хилтэй давхцуулах замаар тодорхойлсон болно.[7] (Зураг 14- Зонхилох давтамжийн мужлал)

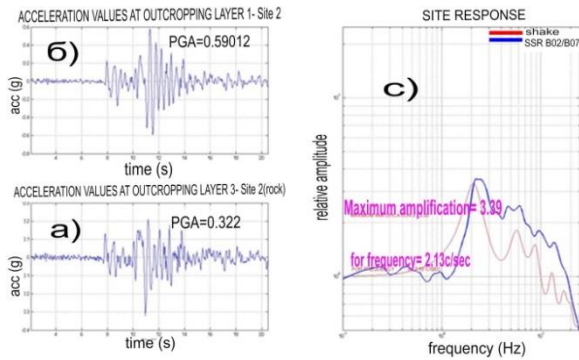




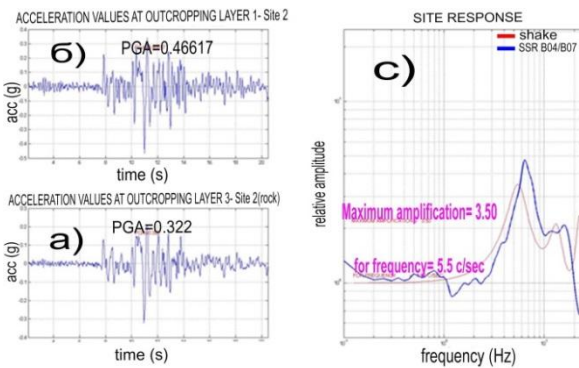
Зураг 14. Эмээлт талбайн зонхилох давтамжийн мужлалын зураг.

Давтамжийн муж бүрийн хувьд сейсмик долгионы хөрсний оргил хурдатгалын өсгөлтийг онолын хувьд болон эмпирик аргаар тодорхойлов. Онолын хувьд тооцоолол хийхдээ, хөрсний үе давхарга болон түүгээр тархах S- долгионы хурдыг сейсмик хайгуулын ажлын үр дүнгээс, оролтын долгионыг стохастик Грийний функцийн аргаар Хустайн хагарал, Эмээлт хагарлаас тооцоолсон үр дүнг ашигласан. Хөрсний оргил хурдатгалын

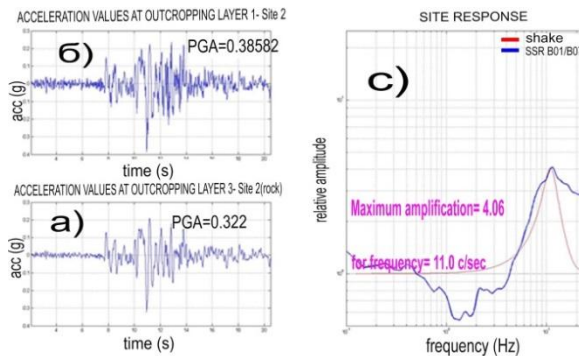
өсгөлтийг онолын хувьд үнэлэхдээ тухайн давтамжийн муж бүрийн хувьд инженер геологи, гравихайгуул болон сейсмик хайгуулын үр дүнд тулгуурлан зохион гаргасан хэд хэдэн хөрсний загварын хувьд тооцооллыг хийсэн болно. Жишээ болгон оролт гаралтын сейсмик долгион болон давтамжийн муж бүрийн респонс спектрийн зургийг *Зураг 15*, *Зураг 16*, *Зураг 17*- т үзүүллээ.



Зураг 15. Хөрсний 1 хэмжээст загварчлал(2- 4 Гц): а- хадан хөрсөнд ирэх долгион, б- талбайд ирэх долгион, с- хөрсний респонс спектр



Зураг 16. Хөрсний 1 хэмжээст загварчлал (4-8 Гц): а- хадан хөрсөнд ирэх долгион, б- талбайд ирэх долгион, с- хөрсний респонс спектр



Зураг 17. Хөрсний 1 хэмжээст загварчлал(8-12 Гц): а- хадан хөрсөнд ирэх долгион, б- талбайд ирэх долгион, с- хөрсний респонс спектр

Эмпирик аргаар хөрсний өсгөлтийг тодорхойлохын тулд бид хөрсний төрлийг Vs30 –аар ангилж өсгөлтийг тооцоолсон. Энэхүү эмпирик аргаар тооцооллыг хийхэд 2- 4 Гц- ын бүс нь D ангилалд, 4- 8 Гц болон 8- 12 Гц- ын бүс нь C ангилалд, харин өсгөлт ажиглагдаагүй бүс нь B ангилалд багтаж байна. Харин онолын тооцооллоор ХОХ нь хадан хөрсөнд 2- 4 Гц бүсэд 400- 566 см/сек<sup>2</sup>, 4- 8 Гц бүсэд 283- 400 см/сек<sup>2</sup>, 8- 12 Гц бүсэд 200- 283 см/сек<sup>2</sup>, зонхилох давтамжгүй бүсэд 149- 200 см/сек<sup>2</sup> байв.

Хүснэгт 2. Хөрсний зонхилох давтамж бүрийн амлитудын өсгөлт

Давтамжийн мужлал	Онолын тооцоолол	Эмпирик тооцоолол
2- 4 Гц	1,6- 1,9	1,2- 1,4
4- 8 Гц	1,15- 1,5	1- 1,2
8- 12 Гц	1- 1,18	1- 1,2
Өсгөлтгүй	1	1

Эмпирик хамаарлын хувьд хөрсний өсгөлт нь суурь хөрсөнд ирэх долгионы хөрсний оргил хурдатгалаас хамаана.

## VII. ДҮГНЭЛТ

Манайд бүртгэгдсэн газар хөдлөлтийн статистик тоон үзүүлэлтээс харахад Эмээлт орчимд болж байгаа газар хөдлөлтийн тоо сүүлийн жилүүдэд өсөж байгаа нь уг талбайд нарийвчилсан судалгааг хийх, цаашлаад болзошгүй хүчтэй газар хөдлөлтийн аюулаас урьдчилан сэргийлэхэд чухал ач холбогдолтой юм. Энэхүү өгүүлэлд Эмээлт орчмын талбайн газар хөдлөлтийн сейсмик долгионд үзүүлэх нөлөөллийг тооцоолон гаргалаа. Эмээлтийн талбайг хөрсний хэлбэлзлийн зонхилох давтамжаар нь 2- 4 Гц, 4- 8 Гц, 8- 12 Гц болон зонхилох давтамжгүй (хадан хөрс) гэсэн 4 бүсэд хуваагдаж байна. Давтамжийн бүс бүрийн хувьд долгионы өсгөлтийг онолын болон эмпирик аргаар тооцоолон гаргасан болно. Уг судалгааны ажил нь дараа дараагийн судалгааны ажлын үндэс, суурь материал болохоос гадна анх удаа хийгдэж байгаагаараа давуу талтай юм

- [1] Медведев, 1971. Сейсмическое районирование Улан-Батора.
- [2] Borchardt R. D., (1970), “Effect local geology on ground motion near San Francisco Bay”, Bulletin of the Seismological Society of America, 60, 29-81.
- [3] Nakamura Y., (1989), “A Method for Dynamic Characteristics Estimation of

Subsurface using Microtremor on the Ground Surface”, Quarterly Report of Railway Technical Research Institute (RTRI), Vol. 30, No.1

- [4] Moss, R. E. S. [2008]. “Quantifying measurement uncertainty associated with thirty meter shear wave velocity ()”, Bull. Seismol. Soc. Am., Vol. 98, pp. 1399-1411.

- [5] SESAME (2004)., "Guidelines For The Implementation Of The H/V Spectral Ratio Technique On Ambient Vibrations Measurements, Processing And Interpretation, 62 pp.
- [6] Odonbaatar Ch., 2011. "Site effect estimation Ulaanbaatar basin",. thesis at EOST, Strasbourg University, France.
- [7] Инженер-геологийн тайлан, 2014. "ОрхонГидрогео" ХХК.

## ABSTRACT

### Site effect estimation of the Emeelt region

Seismic wave is amplified certain frequency in sedimentary basin. In order to determine this amplified frequency, beside engineer geological map and geophysical survey, we measured seismic noise survey at 90 sites and weak motion survey at 8 sites. An amplified frequency map produced using standard spectral ratio of weak motion and HV spectral ratio of microtremor. Site amplification calculation, we used seismic and gravimeter survey results and synthetic seismograms. Consequently, we produced Emeelt regions amplified frequency map that divided by 2- 4 Hz, 4- 8 Hz, 8- 12 Hz and non- amplified zones. All this amplified frequency zone, we estimated site amplifications using empirical Vs30 approach and theoretical 1D calculation.