



EMPIRICAL CORRECTION OF RESULTS OF THE H/V SPECTRAL RATIO METHOD IN MICROSEISMIC RESEARCH AND ESTIMATION OF EXCESS INTENSITY

N.M. Muhammadkulov

UzR FA G'.O. Institute of Seismology named after Mavlonov, Tashkent,
*e-mail: muhammadqulovnurali@gmail.com

R.R. Mavlanov

UzR FA U.A. Institute of Ion-Plasma and Laser Technologies named after Arifov, Tashkent, *e-mail: mavlanovramazon@gmail.com

B.B. Khayriddinov

UzR FA G'.O. Institute of Seismology named after Mavlonov, Tashkent,
*e-mail: khairiddinobahodir69@gmail.com

A.B. Avazov

UzR FA G'.O. Institute of Seismology named after Mavlonov, Tashkent,
*e-mail: azizbekavazov788@gmail.com
<https://doi.org/10.5281/zenodo.13789290>

ARTICLE INFO

Received: 13th September 2024

Accepted: 18th September 2024

Online: 19th September 2024

KEYWORDS

Ground, vibration, H/V, spectrum, amplitude, frequency, period, time, empirical correction, regression equation, extinction coefficient, excess intensity.

ABSTRACT

The article uses experimental seismometric data to determine the microseismic vibration of grounds. Using these data, an empirical correction was made to the maximum value of the vibration amplitude determined by the H/V spectral ratio method. The graph of the exponential decay of the oscillatory motion was obtained in the spectral ratio of the H/V oscillation amplitude. According to this law, the damping coefficient of the specific vibration amplitude in the ground is determined. A regression equation was created for grounds with the same extinction coefficient, and a general empirical formula was developed. At the end of the work, the average absolute difference of the excess intensity value was determined by introducing a correction to the amplitude.

ЭМПИРИЧЕСКАЯ ПОПРАВКА РЕЗУЛЬТАТОВ МЕТОДА СПЕКТРАЛЬНОГО ОТНОШЕНИЯ H/V В МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ И ОЦЕНКЕ ПРЕВЫШЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ

Н.М. Мухаммадкуллов

УзР ФА Г'.О. Институт сейсмологии имени Мавлонова, г. Ташкент, *e-mail: muhammadqulovnurali@gmail.com

Р.Р. Мавланов

УзР ФА У.А. Институт ионно-плазменных и лазерных технологий имени Арифова, г. Ташкент, *e-mail: mavlanovramazon@gmail.com

Б.Б. Хайриддинов

УзР ФА Г'.О. Институт сейсмологии имени Мавлонова, г. Ташкент, *e-mail: khairiddinobahodir69@gmail.com

А.Б. Авазов



УзР ФА Г'.О. Институт сейсмологии имени Мавлонова, г. Ташкент, *e-mail:

azizbekavazov788@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13789290>

ARTICLE INFO

Received: 13th September 2024

Accepted: 18th September 2024

Online: 19th September 2024

KEYWORDS

Грунт, вибрация, H/V , спектр, амплитуда, частота, период, время, эмпирическая поправка, уравнение регрессии, коэффициент затухания, превышение интенсивности.

ABSTRACT

В статье использованы экспериментальные сейсмометрические данные для определения микросейсмических колебаний грунтов. На основе этих данных была произведена эмпирическая поправка к максимальному значению амплитуды вибрации, определенному методом спектрального отношения H/V . Был получен график экспоненциального затухания колебательного движения в спектральном отношении амплитуды колебаний H/V . По этому законность определяется коэффициент затухания удельной амплитуды колебаний в грунте. Для грунтов с одинаковым коэффициентом вымирания построено уравнение регрессии и разработана общая эмпирическая формула. В конце работы путем введения поправки на амплитуду определяли среднюю абсолютную разность суммарной превышение интенсивности.

MIKROSEYSMIK TADQIQOTLARDA H/V SPEKTRAL NISBAT USULI NATIJALARIGA EMPIRIK TUZATMA KIRITISH

N.M. Muhammadqulov

O'zR FA G'.O. Mavlonov nomidagi Seysmologiya instituti, Toshkent,

*e-mail: muhammadqulovnurali@gmail.com

R.R. Mavlanov

O'zR FA U.A. Arifov nomidagi ion-plazma va lazer texnologiyalari instituti, Toshkent,

*e-mail: mavlanovramazon@gmail.com

B.B. Xayriddinov

O'zR FA G'.O. Mavlonov nomidagi Seysmologiya instituti, Toshkent,

*e-mail: xayriddinobahodir69@gmail.com

A.B. Avazov

O'zR FA G'.O. Mavlonov nomidagi Seysmologiya instituti, Toshkent,

*e-mail: azizbekavazov788@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13789290>

ARTICLE INFO

Received: 13th September 2024

Accepted: 18th September 2024

Online: 19th September 2024

KEYWORDS

Грунт, тебранिश, H/V , спектр, амплитуда, частота, давр, ваqt, эмпирик тuzatma, regression

ABSTRACT

Maqolada gruntlarning mikroseymik tebranishini aniqlash uchun eksperimental seysmometrik ma'lumotlardan foydalanilgan. Bu ma'lumotlar orqali H/V spektral nisbat usulida aniqlangan tebranish amplitudasining maksimal qiymatiga empirik tuzatma kiritilgan. H/V tebranish amplitudasi spektral nisbatida



tenglama, so'nish koeffisienti.

tebranma harakatning eksponensial so'nish grafigi olingan. Bu qonuniyat bo'yicha gruntta xususiy tebranish amplitudasining so'nish koeffisienti aniqlangan. So'nish koeffisienti bir xil bo'lgan gruntlarda regression tenglama tuzilgan va umumiy empirik formula ishlab chiqilgan.

Kirish. Hozirgi kunda shahar hududlarida gruntlarning seysmik xususiyatini aniqlash, bino-inshootlarning seysmik xavfini oldindan baholashda asosiy omillardan biri hisoblanadi.

Seysmologiya sohasida mikroseymik tebranishlarni o'rganish bir qancha o'lchovlarni umumlashtirish va eksperimental tajribalar o'tkazish orqali amalga oshiriladi. Chunki gruntlarda tabiiy va texnogen omillar ta'sirida turli energiyali tebranishda xalaqt beruvchi to'lqinlar ta'sir etadi. Bular grunt zarrachalari tebranishiga doimiy ravishda ta'sir ko'rsatmasa-da, eksperimental mikroseymik o'lchovlar olishda qisqa vaqt intervalida amplitudaning ortishiga yoki kamayishiga sabab bo'ladi. Bu borada grunt xususiy tebranishini ma'lum bir fizik qonuniyat asosida tahlil qilish lozim. Tadqiqot ishining maqsadi Toshkent shahri uchun gruntlarning mikroseymik tebranishidagi maksimal amplituda qiymatiga tuzatma kiritishdan iborat.

Grunt zarrachalari yerning ichki va tashqi dinamik ta'siri tufayli o'ziga xos muayyan xususiy tebranishga ega. Zarrachalar tebranishi fazoviy (3 o'q bo'yicha) tebranishda bo'lib, bunda turli seysmik shovqinlar ta'sir ko'rsatadi. Natijada interferensiya hodisasi yuz beradi va tebranish amplitudasi ortadi yoki kamayadi. Grunt dinamik harakatiga ta'sir ko'rsatuvchi (xalaqt beruvchi) seysmik to'lqinlar tebranish fazasiga bog'liq ravishda tebranish amplitudasini o'zgartiradi. Tebranishda musbat va manfiy fazali to'lqinlar grunt tebranishining uch yo'nalishda amplitudasiga birdek ta'sir ko'rsatmaydi. Shuning uchun vertikal va gorizontal o'qlarda interferensiya hodisasi turli kattalikdagi amplituda qiymati bilan ortadi yoki kamayadi [Kalinina A.V. v.b., 2008]. Natijada gorizontal va vertikal tebranish spektrlaridan nisbat olishda ba'zi xatoliklar kelib chiqadi. Bu xatoliklar grunt xususiy tebranishini aniqlashda kamchiliklarni bartaraf etish kerakligini taqozo etadi. Buning uchun uzoq vaqt davomida bitta stansiyadan olingan seysmogrammalarning H/V spektral nisbatini turli vaqt intervalida tahlil qilish lozim.

Grunt seysmik tebranishida H/V spektral nisbatlarni solishtirish natijasi doimiy bir-biridan absolyut farq qiluvchi spektrlar ko'rinishida bo'ladi. Bunga asosiy sabab seysmik shovqinlardir. Seysmik shovqinlar tarqaladigan seysmik shovqin va kvazistatik deformasiya tufayli hosil bo'luvchi seysmik shovqinlar bo'lishi mumkin. Tarqaladigan seysmik shovqin odatda seysmik to'lqinlarni chiqaradigan uzoq masofalarda joylashgan texnogen manbalar tufayli yuzaga keladi. Kvazistatik deformasiya tufayli hosil bo'luvchi seysmik shovqinlar odatda kuzatuv stansiyasi yaqinidagi katta bosim o'zgarishlaridan kelib chiqadi. Bosim o'zgarishi gruntta yuqori darajadagi yukning ta'siri ostida bo'ladi va bosim vaqt o'tishi bilan o'zgarishi mumkin bo'lsa ham, gruntning past chastotada deyarli statik ravishda deformasiyasiga sabab bo'ladi. Bu grunt tebranishini o'rganishda uzoq vaqt davomida xalaqt beruvchi to'lqinlarni keltirib chiqaradi. Kvazistatik deformasiya sirt bosimi yuklanishi

natijasida gruntda hosil bo'ladi va bunday seysmik shovqin bir necha soatdan bir necha kungacha davom etadi. Undan tashqari seysmik stansiyalar uchun shovqin kuchli shamol esganda yoki yuqori amplitudali atmosfera bosimi to'lqinlari stansiyaga ta'sir ko'rsatganda sodir bo'ladi [Bogolyubov B.N. v.b., 2004].

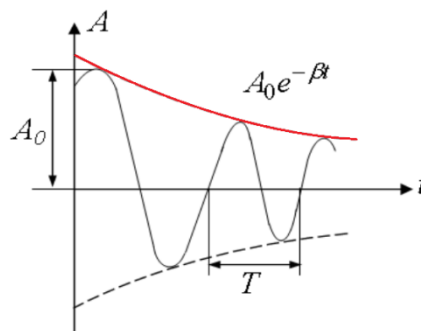
Quyida Toshkent shahrida olingan grunt dinamik harakatining seysmik yozuvlari talqin qilingan va amplituda qiymati uchun empirik tuzatma kiritilgan.

Metodlar. Tadqiqot ishida ikkinchi toifali grunlarda o'lchangan seysmik ma'lumotlardan foydalanilgan. Tadqiqot usuli quyidagi ketma-ketlikda bajariladi:

- Tayanch seysmik stansiya yozuvlarini talqin qilishda xalaqt beruvchi to'lqin amplitudalarini inobatga olib, sifatli yozuvni tanlash;
- «Geopsy» dasturi yordamida tanlangan sifatli seysmogrammalardan H/V spektral nisbatlarni olish;
- Olingan spektrlarni raqamli shaklga keltirish;
- Bir nechta vaqt intervallaridan olingan spektrlarni birlashtirish va o'rtacha spektrni hosil qilish;
- H/V spektral amplituda qiymatlarini eksponensial so'nish grafigini ishlab chiqish hamda so'nish koeffisienti va maksimal amplituda qiymatini aniqlash;
- Yuqorida ko'rsatilgan ketma-ketlikda Toshkent shahri hududida o'lchangan bir qancha seysmik ma'lumotlarni talqin qilish;
- So'nish koeffisienti bir xil bo'lgan nuqtalardan amplituda bo'yicha regressiya tenglamasini ishlab chiqish va so'nish koeffisienti bo'yicha statistik mos keluvchi grafiklarni umumlashtirish;
- Umumlashgan grafiklardan empirik formula olish;

Tadqiqot ishida tebranma harakatning so'nish qonuniyatidan foydalanilgan. Bu qonuniyat asosida gruntlarning seysmik xususiyatini aniqlash mumkin.

Grunt zarrachasining tebranish qonuniyati. Tebranish amplitudasi tebranuvchi jismlarda ma'lum bir qonuniyat asosida so'nadi (1-rasm). Bu qonuniyat tebranma harakatning eksponensial so'nish grafigi orqali tasvirlanadi [Irodov I.Y., 2006]. Biroq, tabiatda yerning ichki qismi to'xtovsiz tebranma harakat qiluvchi zarrachalarga ega. Mikroseyismik tadqiqotlar yordamida tebranma harakat qiluvchi nuqtaviy manbalarning turli chastota va amplituda munosabatlari yordamida tashqi ta'sir (xalaqt beruvchi seysmik to'lqinlar) mavjud bo'lmagan holatdagi qonuniyatga keltirish mumkin. Grunlarda so'nish qonuniyatini aniqlash uchun tebranuvchi manbaning chastota qiymatlariga mos keluvchi amplitudalarni maksimal qiymatdan minimal qiymatga saralash lozim.



**1-rasm. Tebranish amplitudasining eksponensial so'nish qonuniyati**

Eksponensial so'nish qonuniyati quyidagicha:

$$A=A_0e^{-\beta t} \quad (1)$$

Bu yerda, A – tebranish amplitudasi (HVSR), A_0 – maksimal tebranish amplitudasi, β – so'nish koeffisienti, T – tebranish davri, t – vaqt, e – natural logarifm asosi ($e=2,718$).

Fizik nuqtai nazarda har bir tebranuvchi manba vaqt o'tishi bilan muvozanat holatiga qaytishga intiladi [Abduraxmonov Q.P., 2008]. Biroq, bu so'nish qonuniyati tashqi ta'sirlar tufayli doimo bir xil bo'lmasligi mumkin. Kogerentlik natijasida tebranish amplitudasi ortib, kamayib turadi. Buning uchun grunt zarrachasi harakatini tebranish davri bo'yicha ajratish lozim.

Tebranish davri (T) – tebranish tizimining holati to'liq takrorlanadigan eng qisqa vaqt. Tebranish chastotasi (f) – vaqt birligida to'liq tebranishlar soni [A.P. Rimkevich., 1987]. Davr va chastota o'rtasidagi bog'liqlik quyidagicha:

$$T = \frac{1}{f} \quad (2)$$

So'nish qonuniyatida tebranish davomiyligini aniqlash uchun tebranish chastotasi tebranish davri bilan ifodalanadi. Bunda vaqt bo'yicha katta amplitudali tebranish intervallaridan kichik qiymatli amplituda qiymatlari tomon so'nish grafigi tuziladi.

Grunt zarrasining tebranishi vaqtning ortib borish qonuniyati bo'yicha har bir tebranish davrlari yig'indisiga teng.

$$t_n = t_{n-1} + T_n \quad (3)$$

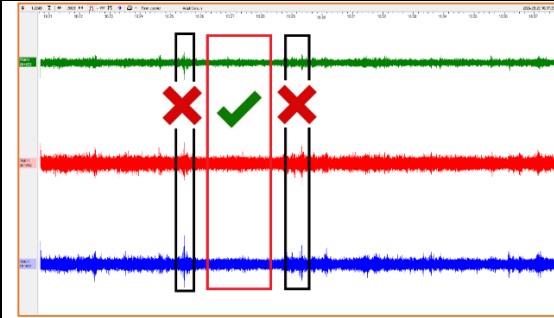
Bu yerda, t_n – tebranish davrlari yig'indisi, T_n – tebranish davri, n – chastota va amplituda mos qiymatlari soni.

So'nish koeffisienti ortishi bilan tebranish davri kattalasha boradi. Bitta to'la davrning boshlang'ich va oxirgi holatlariga mos keluvchi amplitudalar nisbati quyidagiga tengdir:

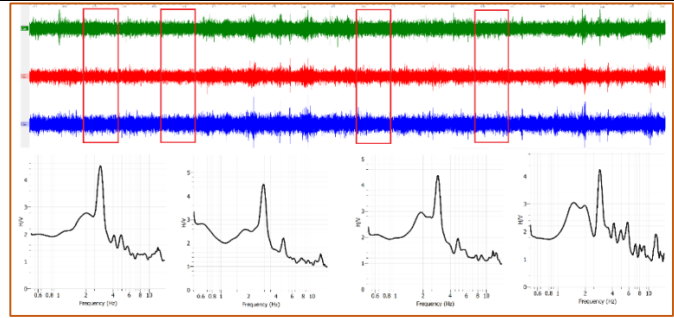
$$\frac{A(t)}{A(t+T)} = e^{\beta T} \quad (4)$$

va uni *so'nish dekrementi* deb atashadi. Bu ifodaning logarifmi *so'nishning logarifmik dekrementi* deb ataladi. So'nishning logarifmik dekrementi bir davr ichida amplitudaning nisbiy kamayishini xarakterlaydi, so'nish koeffisienti (β) esa amplitudaning birlik vaqt ichidagi nisbiy kamayishini ko'rsatadi [Abduraxmonov Q.P., 2008].

Izlanish predmeti va ob'ektlari, ma'lumotlar bazalari va izlanish uslublari. Grunt seysmik tebranishining H/V spektral amplitudalar nisbati uzoq vaqt davomida o'lchab olingan seysmogrammalar asosida talqin qilinishi lozim. Grunt tebranishida turli chastota qiymatlariga mos keluvchi amplitudalarni o'rta arifmetik qiymatini hosil qilish uchun bir nechta vaqt intervallarida seysmik yozuvlar tanlab olinadi. Bunda yuqori amplitudali vaqt intervallari (seysmik shovqin kuchli ta'sir etgan qismlari) olinmasligi kerak (2-rasm). Gruntlarning uzoq vaqt davomidagi seysmik yozuvlari talqinida har qanday grunt zarrachasi o'ziga xos amplituda va chastota qiymatlarida mos ravishda o'zgarish grafiklariga ega (3-rasm).

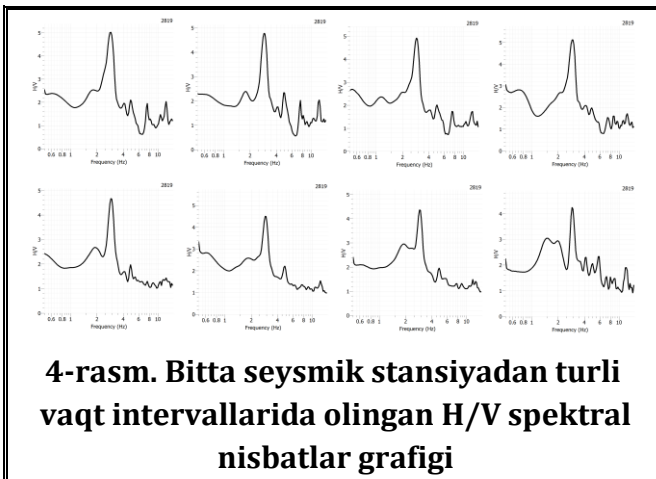


2-rasm. H/V usuli uchun sifatli seysmik yozuvni tanlash

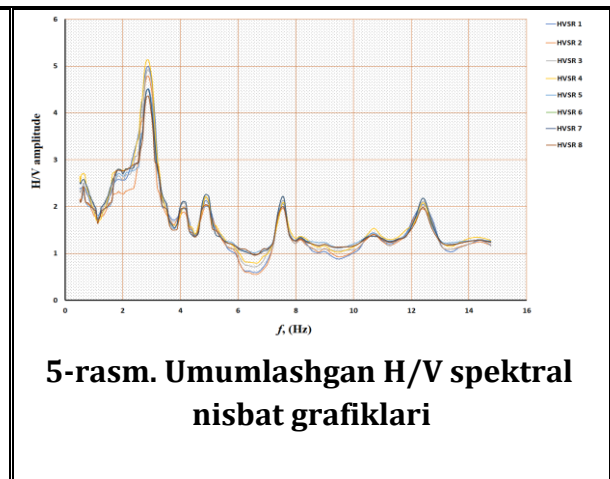


3-rasm. Grunt zarrachalari tebranishida amplituda va chastota garfiklarining turli vaqt intervallarida davriy takrorlanishi [Dastur GEOPSY, (H/V)]

Bir nechta vaqt intervallarida seysmik yozuvlarning H/V spektral nisbatlari talqin qilinadi. Bunda, logarifmik shkala bo'yicha turli chastota qiymatlariga mos keluvchi amplituda qiymatlarining o'zgarish grafigi olindi (4-rasm). Olingan H/V spektral nisbatlarning chastota bo'yicha o'zgarish grafiklari birlashtirildi. Grunt seysmik tebranishi tashqi ta'sirlar tufayli interferensiyaga uchragan (5-rasm).

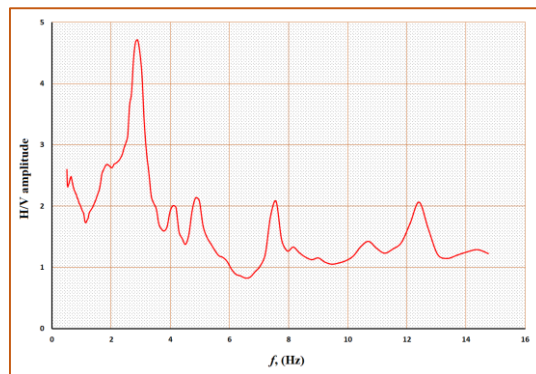


4-rasm. Bitta seysmik stansiyadan turli vaqt intervallarida olingan H/V spektral nisbatlar grafigi



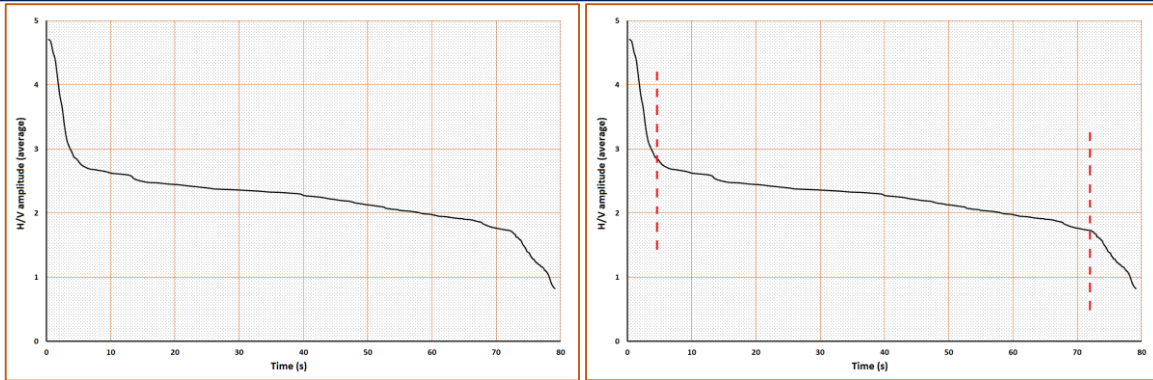
5-rasm. Umumlashgan H/V spektral nisbat grafiklari

Grunt zarrachalarining seysmik tebranishidan olingan grafiklarda o'rtacha spektr olindi. Ushbu spektr grunt uchun o'rtacha H/V amplituda nisbatini ifodalaydi (6-rasm).



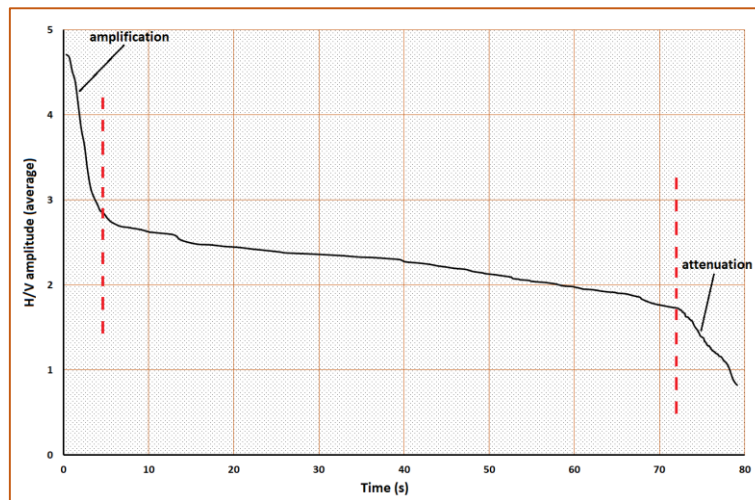
6-rasm. O'rtacha H/V spektral nisbat grafigi

Tadqiqotlar davomida olingan o'rtacha H/V spektral nisbatdan quyidagi so'nish grafigi olindi (7-rasm).



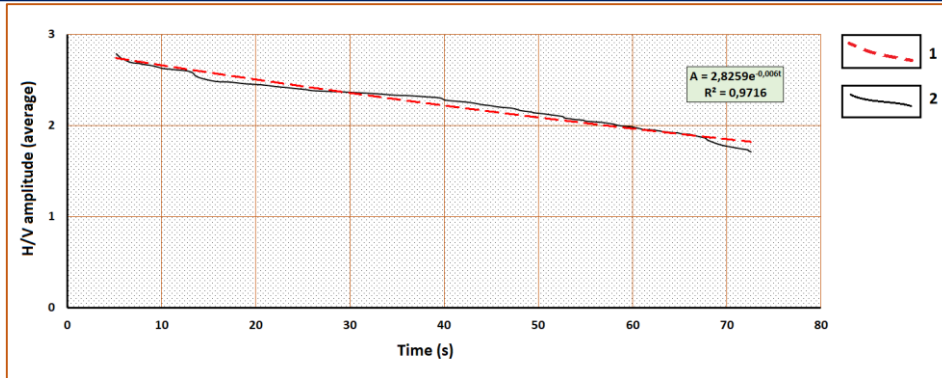
7-rasm. Grunt tebranishida vaqt bo'yicha amplitudaning so'nish grafigi

Interferensiya hodisasi yuz berganda amplitudaning kuchayishi (amplification) va susayishi (attenuation) kuzatilgan qismlar mavjud (8-rasm). Bu xususiyat ko'p omillarga bog'liq. Chuqurlik oshib borishi bilan tog' jinslarining zichligi ortadi. Zarrachalarning (nuqtaviy manbalarning) tebranish chastotasi ham hajmiy zichlikka mos ravishda ortib boradi. Natijada nuqtaviy manbalarning tebranishi yer yuziga yaqin manbalarning tebranishiga mos fazalar bilan amplituda qiymatini oshirishi va kamaytirishi mumkin. Undan tashqari namligi yuqori gruntlarda ham shu holatlar kuzatiladi (*Izoh: A_{max} va A_0 parametrlar H/V amplituda spektrlari nisbatidan aniqlangan kattaliklar bo'lib, nisbiy birliklar tizimida (Per-unit system) ifodalanadi. Keyingi o'rinlarda A_{max} va A_0 parametrlar amplituda deb yuritiladi*).



8-rasm. Tebranish amplitudasining kogerentligi (ortish va kamayish intervali)

Tebranish amplitudasining ortgan va kamaygan qismlarini inobatga olmagan holda erkin tebranish qonuniyati bo'yicha grunt zarrasining so'nish grafigini tahlil qilamiz. Quyida so'nish grafigining eksponensial qonuniyati asosida amplitudaning vaqt bo'yicha bog'lanish formulasini aniqlash mumkin (9-rasm). So'nish koeffisienti grunt toifasi bo'yicha boshqa nostatsionar o'lchovlar uchun asos vazifasini bajaradi.



9-rasm. Amplitudaning vaqt bo'yicha so'nish grafigi va formulasi

II-toifali grunt; $A_0=2,83$. (Shartli belgilar: 1 - eksponensial o'rtalashtiruvchi chiziq; 2 - H/V spektral nisbat grafigi)

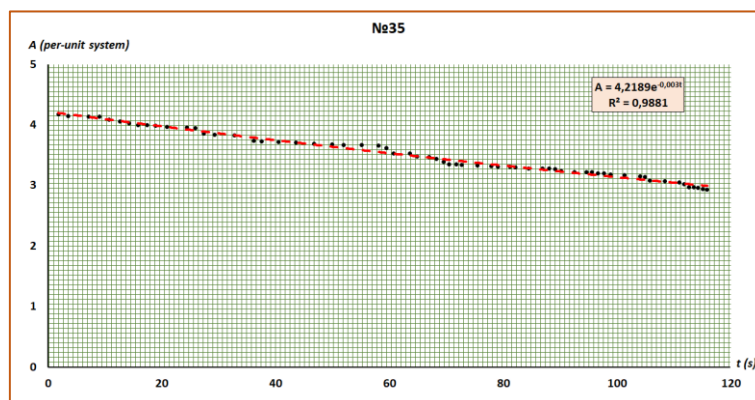
Ushbu bog'lanish formulasida so'nish koeffisienti $\beta=0,006$ ga teng.

Gruntlarning zichligi yoki namligining ortishida so'nish koeffisienti turlicha qiymat qabul qiladi. So'nish koeffisienti ortishi bilan tebranish chastotasi kichiklashib boradi. Aksincha $\beta \rightarrow 0$ ga intilganda rezonans chastota kuzatiladi. Tebranish chastotasining kichik qiymatlari esa zichligi past, bo'shoq gruntlarga xos. Zichligi yuqori gruntlarda so'nish koeffisienti kichik qiymatda, ya'ni, so'nish grafigi gorizontol o'q yo'nalishiga yaqinlashadi. Bu xususiyatlarni o'rganish maqsadida ko'plab mikroseysmik o'lchovlarni tahlil qilib, empirik tuzatmalarni kiritish hamda grunt toifasiga mos keluvchi qonuniyatlarni ko'rib chiqish lozim.

Nostatsionar mikroseysmik o'lchovlarni tahlil qilish va empirik tuzatma kiritish. Shahar hududida ko'plab tabiiy va texnogen omillar tufayli mikroseysmik o'lchovlar natijalarida ba'zi kamchiliklar va noaniqliklar kuzatiladi. Ko'plab o'lchovlarni doimiy (statsionar) tayanch nuqtada olingan ishonchli qiymatlar bilan solishtirish va tuzatmalar kiritish tadqiqotning aniqligini oshirishga xizmat qiladi. Shu borada olib borilgan tadqiqot natijalari quyida keltirib o'tilgan.

Hududda o'tkazilgan eksperimental tadqiqotlar talqini va tahlili.

Eksperimental mikroseysmik tadqiqotlar Toshkent shahri hududi uchun o'tkazilgan. Hududda o'lchangan bir nechta piketlarda seysmik ma'lumotlar talqin qilindi. Yuqorida ta'kidlanganidek, grunt tebranishining so'nish qonuniyatlari o'rganildi (№35 piket, 10-rasm).



10-rasm. Amplitudaning vaqt bo'yicha so'nish grafigi va formulasi



Soʻnish koeffitsienti tebranuvchi jismning massasiga teskari proporsionaldir. Gruntning hajmiy zichligi yuqori boʻlgan vaziyatlarda soʻnish koeffitsienti (β) kamayadi (1-jadval).

Hududda olingan maksimal HVSR (A_{max}) amplituda va xususiy tebranish amplitudasi (A_0) jadvali

1-jadval

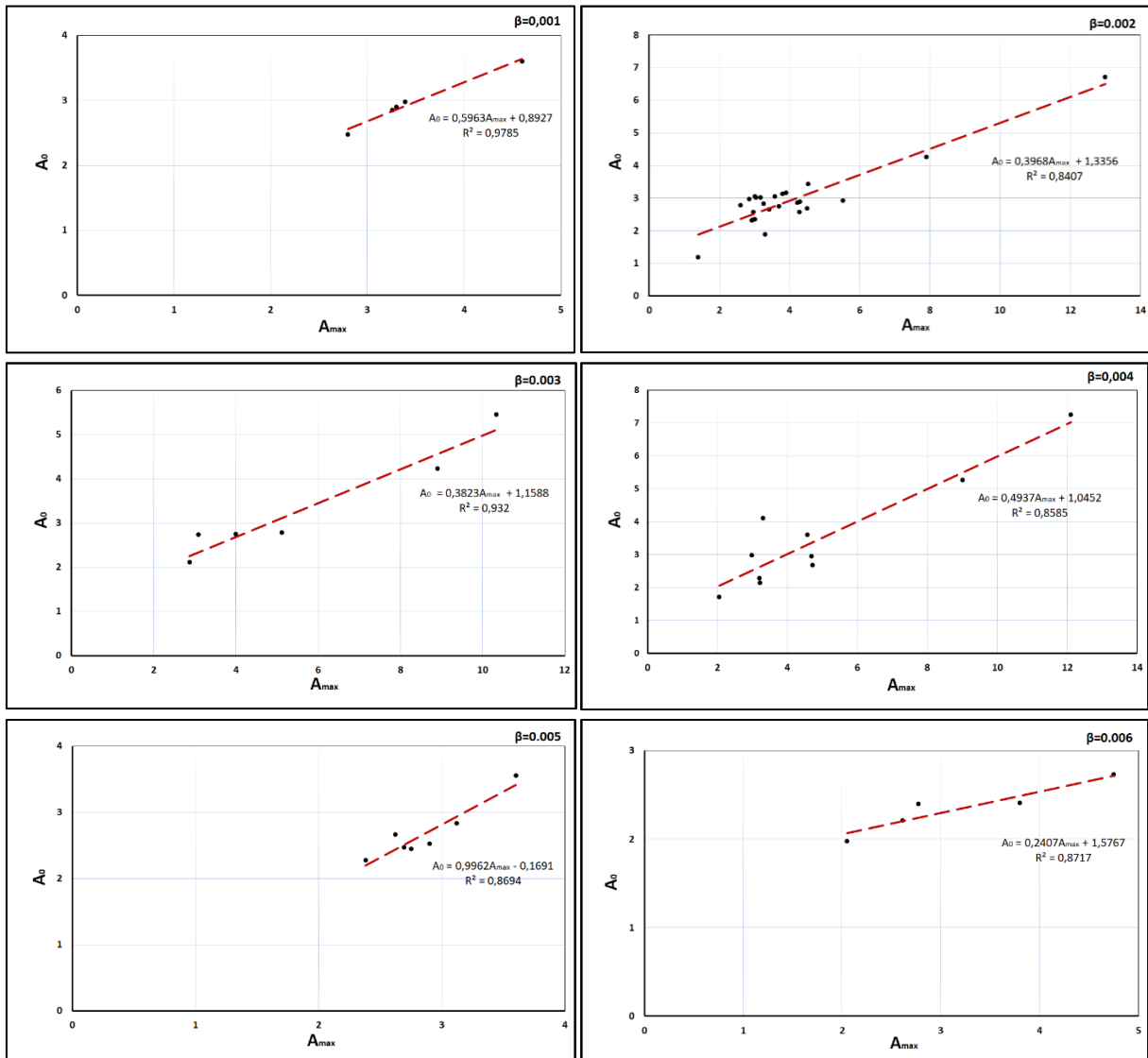
No	y	x	f_0	A_{max} (HVSR)	A_0	β
1	41,289224	69,395395	0,55	3,39	2,98	0,001
2	41,364460	69,216138	0,57	3,26	2,85	0,001
3	41,322175	69,162304	0,5	4,6	3,6	0,001
4	41,310260	69,354894	0,5	2,8	2,48	0,001
5	41,272802	69,151431	0,6	3,3	2,9	0,001
6	41,300742	69,388164	5,6	3,7	2,76	0,002
7	41,384682	69,361179	0,65	4,29	2,58	0,002
8	41,373711	69,341889	0,95	4,53	3,43	0,002
9	41,391062	69,339485	0,6	3,9	3,17	0,002
10	41,393044	69,280790	0,92	4,22	2,86	0,002
11	41,379982	69,268544	0,68	3,04	3,02	0,002
12	41,383210	69,259211	1,05	2,92	2,33	0,002
13	41,365648	69,306292	6,37	3,42	2,65	0,002
14	41,372789	69,285107	3,51	3,01	2,36	0,002
15	41,354432	69,279352	7,25	5,53	2,93	0,002
16	41,349282	69,295175	0,56	3,26	2,84	0,002
17	41,346316	69,247982	0,29	3,02	3,05	0,002
18	41,384744	69,220085	0,5	2,6	2,78	0,002
19	41,355794	69,175199	0,6	7,9	4,26	0,002
20	41,323236	69,202631	0,6	13	6,72	0,002
21	41,311025	69,211944	0,3	1,4	1,2	0,002
22	41,285121	69,179615	9,6	4,5	2,69	0,002
23	41,282922	69,167189	8,6	4,3	2,9	0,002
24	41,284600	69,218600	6,3	3,18	3,02	0,002
25	41,379937	69,317014	3,4	3,8	3,14	0,002
26	41,362512	69,294993	1,2	3,59	3,06	0,002
27	41,348028	69,275892	3,48	2,86	2,98	0,002
28	41,372701	69,252823	9,3	3,3	1,9	0,002
29	41,378739	69,244454	4,86	2,96	2,34	0,002
30	41,380642	69,284975	6,56	2,97	2,58	0,002
31	41,303222	69,415690	6,7	4	2,75	0,003
32	41,378101	69,334349	11,5	5,12	2,78	0,003
33	41,348780	69,211103	0,26	3,08	2,74	0,003
34	41,340083	69,223134	0,64	10,34	5,46	0,003
35	41,333510	69,192302	0,6	8,9	4,22	0,003
36	41,377860	69,201795	4,51	2,87	2,11	0,003
37	41,333880	69,444172	0,31	4,68	2,95	0,004



38	41,360382	69,324629	0,25	4,56	3,61	0,004
39	41,352755	69,380555	0,6	9	5,27	0,004
40	41,360605	69,414266	0,5	12,1	7,25	0,004
41	41,300813	69,202840	0,3	3,3	4,11	0,004
42	41,270767	69,233546	6,34	2,04	1,72	0,004
43	41,355228	69,325719	8,9	2,97	2,99	0,004
44	41,359759	69,334165	12,1	4,71	2,69	0,004
45	41,377679	69,300560	3,4	3,21	2,14	0,004
46	41,363869	69,261082	9,63	3,19	2,29	0,004
47	41,285258	69,372261	0,27	3,12	2,84	0,005
48	41,308574	69,313003	0,6	3,6	3,56	0,005
49	41,275714	69,226708	12,2	2,69	2,47	0,005
50	41,363191	69,205951	6,1	2,9	2,53	0,005
51	41,274067	69,341613	0,57	2,62	2,67	0,005
52	41,295043	69,326363	0,58	2,75	2,45	0,005
53	41,283105	69,314032	4,31	2,38	2,28	0,005
54	41,277238	69,213183	0,6	4,75	2,73	0,006
55	41,352782	69,227577	0,61	3,8	2,41	0,006
56	41,362062	69,250584	0,64	2,77	2,4	0,006
57	41,373868	69,314486	3,85	2,61	2,21	0,006
58	41,253109	69,347496	2,79	2,05	1,98	0,006
59	41,315221	69,176195	4,39	2,56	2,51	0,007
60	41,285630	69,197715	0,62	2,43	2,6	0,007
61	41,333963	69,401329	6,42	2,77	2,6	0,007
62	41,250691	69,339968	6,23	3,89	2,8	0,007
63	41,274246	69,385452	0,29	3,46	2,33	0,008
64	41,285980	69,336328	4,67	2,39	2,4	0,008
65	41,255756	69,215918	8,42	3,68	2,38	0,009
66	41,273819	69,323866	4,33	2,04	1,98	0,009
67	41,354922	69,236676	6,1	6,86	3,43	0,010
68	41,260130	69,322166	4,98	2,72	2,37	0,010
69	41,338054	69,370211	4,89	2,66	2,35	0,011
70	41,324925	69,366230	6,24	3,1	2,32	0,011
71	41,275816	69,354898	0,59	2,95	2,34	0,011
72	41,345321	69,406285	4,87	2,37	2,11	0,012
73	41,286656	69,354563	0,58	2,97	2,65	0,012
74	41,364452	69,235091	0,96	4,17	3,16	0,018
75	41,330999	69,418872	5,39	2,67	2,85	0,023
76	41,303899	69,185592	0,5	11,3	4,47	0,026
77	41,368206	69,396271	0,5	9,5	3,81	0,027

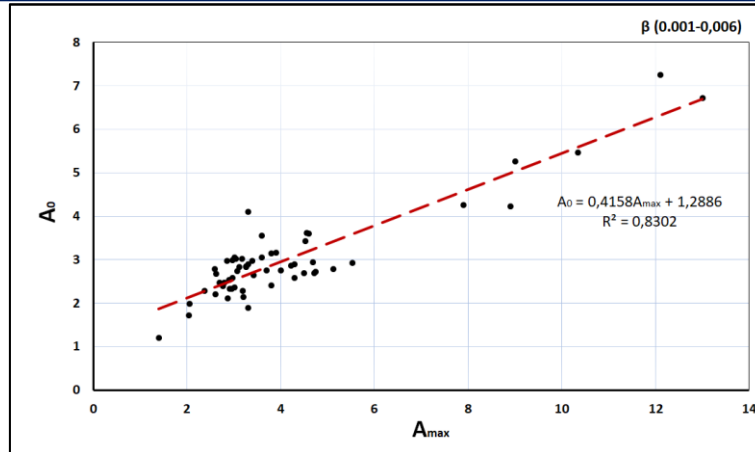
Grunt tebranishida H/V spektral nisbat usulidan foydalanib har bir o'lchov nuqtasi uchun seysmik shovqin ta'sir qilgan maksimal amplituda (A_{max}) qiymatini, gruntning so'nish qonuniyati asosida aniqlangan xususiy amplitudaning (A_0) maksimal qiymati bilan regression

bog'lanishi tahlil qilindi. So'nish koeffisientining bir xil qiymatlarida amplituda qiymatlarining quyidagi grafiklari va chiziqli bog'lanish tenglamalari olindi (11-rasm).



11-rasm. Tebranish amplitudasining bog'lanish grafiklari va regressiya tenglamalari (2-toifali gruntlar)

Keltirilgan grafiklar va regressiya tenglamalari ishlab chiqildi. So'nish koeffisienti bo'yicha statistik mos keluvchi grafiklarni umumlashgan ko'rinishi Toshkent shahri uchun quyidagi munosabatga ega (12-rasm).



12-rasm. Umumlashgan regressiya tenglamasi (β , 0.001-0.006)

H/V usulida maksimal amplituda qiymatiga tuzatma kiritish uchun umumlashgan regression tenglama II toifali gruntlar uchun ishlab chiqildi.

Toshkent shahri hududi II va III toifali gruntlardan iborat bo'lib, II toifa gruntlar uchun mos keluvchi korrelyatsion bog'lanishni so'nish koeffisientining $\beta \rightarrow 0,001-0,006$ oralig'idagi regressiya tenglamasi bilan ifodalash mumkin.

$$A_0 = 0,4158A_{max} + 1,2886 \rightarrow (A_0 = 0,4A_{max} + 1,3) \quad (8)$$

Bunda, A_0 – gruntning xususiy tebranish amplitudasi, A_{max} – seysmik shovqin tufayli ortgan amplituda. $A_0 = A_{max}$ bo'lsa, H/V spektral amplituda qiymati 2,2 ga teng.

Toshkent shahri hududi uchun mikroseysmik o'lchovlarda H/V amplituda spektrlari nisbatidan aniqlangan A_{max} qiymatni A_0 xususiy tebranish amplitudasiga o'zgartirildi, ya'ni, xalaqt beruvchi seysmik shovqin ta'siri olib tashlandi.

Asosiy natijalar. Nostatsionar mikroseysmik tadqiqotlar Toshkent shahri hududi uchun H/V spektral nisbat usuli yordamida talqin qilinganda, olingan HVSR maksimal amplituda qiymati yordamida gruntning xususiy tebranish amplitudasini quyidagi empirik tuzatma yordamida aniqlash mumkin.

$$A_0 = 0,4A_{max} + 1,3$$

Ushbu empirik tuzatma yordamida ΔI orttirma intensivlikning o'rtacha absolyut qiymati aniqlandi ($\Delta X_{o'rt} = 0,22$ ball). Shuningdek, Toshkent shahri hududi uchun o'lchangan maksimal H/V spektral nisbat amplitudasi ($A_{max} \geq 3$) yordamida aniqlangan ΔI orttirma intensivlik qiymatini 0,22 ballga kamaytirish tavsiya etiladi.

Muhokama. Toshkent shahri hududida mikroseysmik o'lchov nuqtalari ma'lumotlari asosida aniqlangan empirik tuzatma boshqa shahar hududlari uchun o'zgaruvchan koeffisientga ega bo'lishi mumkin. Chunki shahar hududida grunt seysmik xarakteristikasi cho'kindi qavatning geologik tuzilishiga va texnogen omillarning ta'siriga qarab biroz o'zgaradi. Fizik nuqtai nazarda, tebranma harakatlarning logarifmik so'nishi tajribalar asosida isbotlab berilgan. Biroq, gruntlarning tebranish xususiyati fazoviy uch yo'nalishda ekanligi, seysmologik jihatdan umumiy ma'lumotlarni eksponensial so'nish qonuniyatiga keltirib olish kerakligini ko'rsatdi. Birinchidan, bu qonuniyatning ishonchliligini ta'minlash maqsadida amplitudaning qiymatlari gruntning erkin tebranishlariga xosligini (1,4-3,5) kuzatish mumkin. Ikkinchidan, gruntning zilzila vaqtidagi ball ko'rsatgichini orttirishi yoki



kamaytirishi xalaqt beruvchi seysmik to'liqlardan xoli bo'lishi va xalaqt beruvchi to'liqlarning kuchaytiruvchi amplituda qiymatlari zilzila vaqtida grunt tebranishini orttirmasligi haqida fikr yuritish mumkin. Ya'ni, gruntning orttirma intensivligi xususiy tebranish parametrlari bilan aniqlanishi kerak.

Xulosa. Mikroseysmik tadqiqotlardan olingan ma'lumotlarga empirik tuzatma kiritish usuli gruntlarning eksponensial so'nish qonuniyati asosida ekanligi gruntning o'ziga xos erkin tebarishlar HVSR qiymatlariga mos ekanligi aniqlandi. Bu qonuniyat bo'yicha Toshkent shahri hududi ikkinchi toifali gruntlari uchun empirik formula ishlab chiqildi. Empirik formula asosida H/V amplituda nisbati maksimal qiymatini kogerentlik natijasida aniqlangan maksimal amplitudadan kichik ekanligi ko'rsatildi. Buning natijasida xalaqt beruvchi seysmik shovqinlarni olib tashlash orqali orttirma intensivlik qiymatini 0,22 ball qiymatga kamaytirish kerakligi aniqlandi.

Tashakkurlar. Tadqiqot ishida G.O.Mavlonov nomidagi Seysmologiya instituti hodimlari tomonidan 2023-yilda o'tkazilgan Toshkent shahri hududini mikroseysmik hududlashtirish ishlarida to'plagan ma'lumotlaridan foydalanildi. Seysmik ma'lumotlarni to'plashda xizmat qilgan bir qator tadqiqotchilarga va hodimlarga minnatdorchilik bildiramiz!

References:

1. Калинина А.В., Аммосов С.М., Волков В.А. Сейсмический шум: опыт применения в инженерно-геофизических исследованиях //Разведка и охрана недр. 2008. № 1. С. 32–34.
2. Боголюбов Б.Н., Лобанов В.Н., Назаров В.Е., Рылов В.И., Стромков А.А., Таланов В.И. Амплитудно-фазовая модуляция сейсмоакустической волны под действием лунно-солнечного прилива//Геология и геофизика. 2004. Т. 45. № 8. С. 1045–1049.
3. Abdurahmonov Q.P., Egamov O'. Fizika kursi (1-qism)//Toshkent axborot texnologiyalari universiteti. 2008. № 1. Bet. 178-181.
4. А.П. Римкевич. Сборник задач по физике (<https://idum.uz/ru/archives/10216>). 1987. С. 62.
5. Л.Н. Сенин., Т.Е. Сенина., М.Н. Воскресенский. Способ сейсмического микрорайонирования с использованием спектральных отношений H/V // Геофизический журнал № 4, Т. 42, 2020.
6. Qo'llanilgan dastur: GEOPSY, (H/V Nakamura's ratio), Waves. [<https://www.geopsy.org/documentation/geopsy/hv.html>]
7. Nogoshi, M. and Igarashi, T. (1971), "On the Amplitude Characteristics of Microtremor (Part 2) (in Japanese with English abstract)", Jour. Seism. Soc. Japan, 24, 26-40.
8. Nakamura, Y. and Saito, A. (1983), "Estimations of Seismic Response Characteristics and Maximum Acceleration of Surface Ground using Strong Motion Records (in Japanese)", Proc. 17th JSCE Earthquake Eng. Symposium, 25-28.