

**SEYSMOLOGIYA INSTITUTI HUZURIDAGI  
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
DSc.02/30.12.2019.GM/FM.97.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**SEYSMOLOGIYA INSTITUTI**

**MAMAROZIKOV TIMUR UMARJONOVICH**

**SEYSMIK MIKROHUDUDLASHTIRISHDA GRUNT  
QATLAMLARINING SEYSMIK TEBRANISH PARAMETRLARINI  
GEOFIZIK USULLAR BILAN BAHOLASH**

**04.00.06 – Geofizika. Foydali qazilmalarni qidirishning geofizik usullari**

**geologiya-mineralogiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi  
AVTOREFERATI**

**Toshkent-2024**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**

**Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)**

**Mamarozikov Timur Umarjonovich**

Seysmik mikrohududlashtirishda grunt qatlamlarining seysmik tebranish parametrlarini geofizik usullar bilan baholash.....3

**Мамарозиков Тимур Умаржонович**

Оценка параметров сейсмических колебаний грунтовых толщ при сейсмическом микрорайонировании геофизическими методами.....21

**Mamarozikov Timur Umarjonovich**

Assessment of parameters of seismic vibrations in soil strata during seismic microzoning by geophysical methods.....39

**E’lon qilingan ishlar ro‘yxati**

Список опубликованных работ

List of published works.....42

**SEYSMOLOGIYA INSTITUTI HUZURIDAGI  
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
DSc.02/30.12.2019.GM/FM.97.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**SEYSMOLOGIYA INSTITUTI**

**MAMAROZIKOV TIMUR UMARJONOVICH**

**SEYSMIK MIKROHUDUDLASHTIRISHDA GRUNT QATLAMLARINING  
SEYSMIK TEBRANISH PARAMETRLARINI GEOFIZIK USULLAR  
BILAN BAHOLASH**

**04.00.06 – Geofizika. Foydali qazilmalarni qidirishning geofizik usullari**

**geologiya-mineralogiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi  
AVTOREFERATI**

**Toshkent-2024**

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.4.PhD/GM207 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Seysmologiya institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida ([www.seismos.uz](http://www.seismos.uz)) va «ZiyoNet» axborot ta'lim portalida ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:** **Ismailov Vaxitxan Alixanovich**  
geologiya-mineralogiya fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:** **Radjabov Shuxrat Sayfullayevich**  
geologiya-mineralogiya fanlari doktori

**Nurtaev Baxtiyor Sayfullayevich**  
fizika-matematika fanlari nomzodi

**Yetakchi tashkilot:** **Gidrogeologiya va injenerlik**  
**geologiyasi instituti**

Dissertatsiya himoyasi Seysmologiya instituti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc.02/30.12.2019.GM/FM.97.01 raqamli Ilmiy kengashning 2024 y. «31» iyul soat 10:00 dagi majlisida bo'lib o'tadi (Manzil: 100128, Toshkent shahri, Zulfiyaxonim ko'chasi, 3-uy; Tel.: +99871 241-51-70; +99871 241-74-98; E-mail: seismologiya@mail.ru).

Dissertatsiya bilan Seysmologiya institutining Axborot-resurslar markazida tanishish mumkin (1154-raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100128, Toshkent shahri, Zulfiyaxonim ko'chasi, 3-uy; Tel.: +99871 241-51-70.

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil «5» iyul kuni tarqatildi.  
(2024 yil «5» iyuldagi 14-raqamli reestr bayonnomasi)



**S.X. Maksudov**

Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy kengash raisi,  
f.-m.f.d., professor

**Z.F. Shukurov**

Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy kengash ilmiy kotibi,  
g.-m.f. bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**A.I. Tuychiev**

Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy kengash qoshidagi  
Ilmiy seminar raisi, f.-m.f.d.

## **KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)**

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Jahon amaliyotida, kuchli zilzilalar natijasida yuzaga keladigan seysmik tebranishlarni baholash va undan ko‘riladigan talafotlarni kamaytirish masalalari seysmik xavfsizlikni ta‘minlash sohasida muhim ahamiyat kasb etadi. Seysmik faol hududlarda, shaharsozlikni rejalashtirishda, kuchli zilzilalar ta‘sirini grunt sharoitlarini hisobga olgan holda baholashga alohida e‘tibor qaratilmoqda. Seysmik xavfi yuqori bo‘lgan davlatlarning barqaror rivojlanishida zilzila ta‘sirida gruntlarda seysmik jadallik ortishini baholash va uzoq muddatli prognoz qilish tadqiqotlari zilzila oqibatlarini yumshatish bo‘yicha chora-tadbirlarni amalga oshirish imkonini beradi.

Hozirda, dunyoning rivojlangan davlatlarida, turli grunt qatlamlari xususiyatlari asosida seysmik jadallikni baholash bo‘yicha bir qator ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu borada, geofizik usullar, xususan MASW va HVSU usullari yoradamida grunt qatlamlarining elastik xususiyatlarini baholash, ularning tarqalish qonuniyatlarini aniqlash, seysmik ta‘sir ostidagi grunt qatlamlarining tebranishlarini modellashtirish kabi izlanishlar seysmik xavfsizlik sohasini takomillashtirish, seysmik mikrohududlashtirish asosida shaharsozlikni rejalashtirishga alohida e‘tibor berilmoqda.

Respublikamizni seysmik faol mintaqada joylashganligi va qurilish hajmining jadal o‘shishi munosabati bilan seysmik mikrohududlashtirish ishlari zarur va dolzarb masalaga aylanib bormoqda. Bunday tadqiqotlar, an‘anaviy geofizik usullardan foydalanish qiyin bo‘lgan, asosan urbanlashgan hududlarda, Andijon, Namangan, Farg‘ona va Toshkent kabi shaharlarda olib borilmoqda. Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida «...ekologiya va atrof muhitni muhofaza qilish, shahar va tumanlarda ekologik ahvolni yaxshilash...»<sup>1</sup> bo‘yicha muhim vazifalar belgilangan. Shu munosabat bilan seysmik mikrohududlashtirishda zamonaviy geofizik usullardan foydalangan holda grunt qatlamlarining seysmik tebranish parametrlarini baholash bo‘yicha ilmiy tadqiqotlarni olib borish muhim ahamiyat kasb etadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 9 avgustdagi “Seysmologiya, seysmik chidamli qurilish hamda O‘zbekiston Respublikasi aholisi va hududining seysmik xavfsizligi sohasida ilmiy tadqiqotlar olib borishni takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-3190-sonli Qarori, 2020 yil 30 iyuldagi “O‘zbekiston Respublikasi aholisi va hududining seysmik xavfsizligini ta‘minlash tizimini tubdan takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-4794-sonli Qarori, 2022 yil 30 maydagi “O‘zbekiston Respublikasining seysmik xavfsizligini ta‘minlash tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-144-sonli Farmonida ko‘zda tutilgan, hamda ushbu faoliyat bilan bog‘liq normativ-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot respublikaning fan va texnologiyalarni

---

<sup>1</sup> O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-sonli Farmoni

rivojlantirish – VIII «Yer haqidagi fanlar» (geologiya, geofizika, seysmologiya va mineral xom ashyoni qayta ishlash) ustuvor yoʻnalishlariga muvofiq bajarilgan.

**Muammoning oʻrganilganlik darajasi.** Bugungi kunda seysmik mikrohududlashtirish sohasida katta hajmdagi muhandis-geologik, muhandis-seysmologik va geofizik tadqiqotlar amalga oshirilmoqda. Togʻ jinslarining tarkibi, yer osti suvlarining sathi, relyefi, tektonik tuzulmalarning seysmik jadallikka taʼsir oʻtkazishi haqidagi masalalar koʻplab tadqiqot ishlarida koʻrib chiqilgan. Ushbu muammo bilan turli davrlarda S.V. Medvedev, S.V. Puchkov, A.N. Vaxtanova, N.I. Kriger, A.S. Aleshin, V.B. Zaalishvilli, V.V. Sevostyanov, I.G. Mindel, A.D. Kojevnikov, Gʻ.O. Mavlonov, V.M. Mirzaev, S.M. Qosimov, A. Joʻraev, Yu.K. Chernov, T.S. Valiev, S.A. Abdurahmonov, V.A. Ismailov kabi olimlar tomonidan tadqiqot ishlari olib borilgan. S.V. Medvedevning ilmiy ishida grunt qatlaminin elastik xususiyatlari va ularning seysmik jadallikka taʼsir oʻtkazishi koʻrib chiqilgan. A.N. Vaxtanova oʻz ishida muhandis-geologik shartlarga bogʻliq holda seysmiklikni differensiatsiyalash (farqlash) uchun asoslarni belgilab bergan. N.I. Kriger, Yu.I. Baulin ilmiy ishlarida turli tipdagi gruntlarning xar-xilligi va deformatsion xususiyatlarining seysmik jadallikka taʼsir oʻtkazishi aniqlangan. Shuningdek, A.S. Aleshinning ishlarida gruntlarning seysmik xususiyatlarini baholash metodologiyasi batafsil tavsiflangan va seysmik mikrohududlashtirishda geofizik usullarning afzalliklari va kamchiliklari baholangan.

Oʻzbekistonda seysmik mikrohududlashtirish sohasiga yoʻnaltirilgan instrumental tadqiqotlar muhandis-geologik maʼlumotlardan foydalangan holda 1961 yildan beri, geologik-tektonik maʼlumotlardan foydalanib, seysmik rejimni hisobga olgan holda 1963 yildan beri olib borilmoqda. Gʻ.O. Mavlonov, V.I. Ulomov, S.M. Qosimov, S.A. Abduraxmanov rahbarligida Oʻzbekiston Respublikasining bir qator shaharlarning hududlari boʻyicha seysmik mikrohududlashtirish metodologiyasi ishlab chiqilgan va xaritalari tuzilgan. Natijada, seysmik mikrohududlashtirishda qoʻllaniladigan muhandis-geologik, geofizik va instrumental seysmologik metodlarning usullari aniqlandi.

Grunt qatlami seysmik xususiyatlarini tadqiq qilishda geofizik usullarning qoʻllanilishi K. Aki, P. Richards, Y. Nakamura, Yu.N. Voskresenskiy, V.K. Xmelevskoy, K. Hayashi, O. Yilmaz va boshqalarning ilmiy ishlarida koʻrib chiqilgan. Shuningdek, tadqiqot doirasida har xil turdagi seysmik toʻlqinlarni qoʻllash va grunt qatlami tuzilishini geofizik usullar yordamida metodik jihatdan tadqiq qilish amalga oshirilgan.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bogʻliqligi.**

Dissertatsiya tadqiqoti Oʻzbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Seysmologiya instituti ilmiy tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq “Qurilish maydonlarining seysmik darajasini (makroseysmik ballda va muhandis koʻrsatkichlarida) aniqlash uchun grunt sharoitlarining seysmik modellarini ishlab chiqish va ularni amaliyotga joriy etish mexanizmini yaratish” (2021-2023 yy.) mavzusidagi amaliy loyihasi doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** grunt qatlamlarining seysmik tebranish parametrlarini baholash uchun geofizik usullarni takomillashtirishdan iborat.

### **Tadqiqotning vazifalari:**

grunt qatlamlarining tuzilishi va xossalari o'rganishda mavjud geofizik usullarni tahlil qilish;

turli geofizik usullar yordamida grunt qatlamlarining xususiyatlarini aniqlash;

grunt qatlamlari parametrlarining seysmik tebranishlar xususiyatlariga ta'sirini o'rganish;

gruntlarning spektral xususiyatlarini analitik usullar bilan aniqlash va geofizik kuzatuv natijalari bilan solishtirish;

seysmik grunt sharoitlari modellarini ishlab chiqish va geofizik ma'lumotlar asosida seysmik tebranish parametrlarini baholashning analitik usullarini takomillashtirish.

**Tadqiqotning ob'ekti** sifatida Andijon va Toshkent shaharlarining bino va inshootlari uchun asos bo'lgan grunt qatlamlari olingan.

**Tadqiqotning predmetini** geofizik, muhandis-geologik, yer yuzasining seysmik tebranish parametrlarini baholash bilan bog'liq matematik modellashtirish va ma'lumotlarni tahlil qilish tashkil etgan.

**Tadqiqotning usullari.** Dissertatsiya ishida geofizik tadqiqot usullari, jumladan yuza to'lqinlarni ko'p kanalli tahlil qilish (MASW), mikrotebranishlar (HVSR) yozuvlari usullarini komplekslashtirish va tadqiqot hududi bo'ylab geologik va geofizik ma'lumotlarni talqin qilish usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

MASW seysmik qidiruv usuli ma'lumotlari asosida 30 metrli grunt qatlamlarining o'rtacha zichlik qiymatlarini ekspres baholash uslubiyoti ishlab chiqilgan;

shahar hududlarini seysmik mikrohududlashtirish vazifalarini hal qilishda MASW usuli samaradorligi baholangan;

grunt qatlamlarining impuls ta'sirlarga reaksiyasini raqamli modellashtirish asosida grunt qatlamining seysmik tebranish xususiyatlarini aniqlash uslubiyoti ishlab chiqilgan;

seysmik tebranish parametrlarini aniqlash maqsadida mikrotebranishlarning gorizontal va vertikal komponentlarining spektral nisbati usulini qo'llash samaradorligi baholangan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari:**

Andijon shahri hududi uchun grunt qatlamining seysmik tebranish parametrlari ( $V_{s30}$  va  $f_0$ ) xaritalari yaratilgan;

Andijon shahri grunt qatlamlari uchun ko'ndalang to'lqinlar tarqalish tezligining 3D modeli tuzilgan;

grunt qatlamining seysmik tebranishning rezonans chastotalarini raqamli hisoblash usuli takomillashtirilgan;

raqamli modellashtirish natijalari asosida Toshkent shahridagi qurilish ob'ektlari uchun grunt qatlamlari tebranishining rezonans chastotalari hisoblab chiqilgan va yer yuzasiga bo'ladigan seysmik ta'sirlar baholangan.

**Tadqiqot natijalarning ishonchliligi.** Olingan materiallarning ishonchliligi Andijon va Toshkent shaharlarida o'tkazilgan 70 ta mikroseysm (HVSR usuli bo'yicha) o'lchov nuqtalari, 146 seysmik profillar va 14 punktdagi instrumental

seismometrik kuzatuv tadqiqotlari bilan, hamda ushbu shaharlarning geologik, muhandis-geologik va geofizik tadqiqot natijalari bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati shahar hududlarini seysmik mikrohududlashtirishda MASW va HVSR usullari orqali grunt qatlamlarining seysmik tebranish parametrlarini aniqlash seysmik xavfni baholash uslubiyotini takomillashtirilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati Andijon va Toshkent shaharlari uchun tuzilgan Vs30, f0 va ko'ndalang to'liq tarqalish tezligini ifodalovchi 3D model xaritalar shaharsozlikni rejalashtirish chora-tadbirlarini amalga oshirishda zilzilalar oqibatlarini yumshatishga xizmat qilishi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Grunt qatlamlarining seysmik tebranishlar parametrlarini geofizik usullar bilan baholash bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

MASW usuli ma'lumotlari asosida 30 metrli grunt qatlamlarining o'rtacha zichlik qiymatlarini ekspress baholash uslubiyoti Ilg'or texnologiyalar markazi amaliyotiga joriy qilingan (O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligining 2024 yil 22 fevraldagi № 04/17-4/2-162-sonli ma'lumotnomasi). Natijalar hududlarning fizik-mexanik xususiyatlarini baholashga xizmat qilgan;

shahar hududlarini seysmik mikrohududlashtirish masalalarini hal etishda yuzaki to'liqlarni ko'p kanalli tahlil qilish usuli Ilg'or texnologiyalar markazi amaliyotiga joriy qilingan (O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligining 2024 yil 22 fevraldagi № 04/17-4/2-162-sonli ma'lumotnomasi). Natijada MASW usulidan foydalanish natijalari geofizik tadqiqot ishlarini takomillashtirishga imkon bergan;

grunt qatlamlarining impuls ta'sirlarga reaksiyasini raqamli modellashtirish asosida ishlab chiqilgan uslubiyot Ilg'or texnologiyalari markazi amaliyotiga joriy qilingan (O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligining 2024 yil 22 fevraldagi № 04/17-4/2-162-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, seysmik mikrohududlashtirish ishlarida grunt qatlamlarining chastota xususiyatlarini o'rganish imkonini bergan;

seysmik tebranish parametrlarini baholash maqsadida mikrotebranishlarning gorizontal va vertikal komponentlarining spektral nisbati usuli Ilg'or texnologiyalar markazi amaliyotiga joriy qilingan (O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligining 2024 yil 22 fevraldagi № 04/17-4/2-162-sonli ma'lumotnomasi). Natijalar grunt qatlamlarining seysmik tebranish xususiyatlarini o'rganishda xizmat qilgan.

**Tadqiqot natijalarini aprobatsiyasi.** Mazkur tadqiqot 4 ta xalqaro va 2 ta respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha 13 ta maqola va tezislar chop etilgan. Shulardan 7 tasi ilmiy maqola, 6 ta tezis. Jumladan, Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan dissertatsiyalarning asosiy ilmiy natijalarni chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 4 ta, shu jumladan, 3 tasi respublikada va 1 tasi xorijiy jurnallarda chop etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya kirish, to'rtta bob, xulosa va foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat. Dissertatsiyaning umumiy hajmi 99 betni tashkil qiladi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish qismida** o'tkazilgan tadqiqotning dolzarbligi va talabgirliigi, uning maqsad va vazifalari asoslab berilgan, tadqiqot ob'ekti va predmeti ta'riflangan, tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi ko'rsatib o'tilgan, tadqiqotning ilmiy yangilik ekanligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy qilinishi yoritib berilgan hamda nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Grunt qatlamlarining seysmik tebranish parametrlarini baholash muammosining hozirgi holati**» deb nomlanadigan birinchi bobida grunt qatlamlarining seysmik tebranishlar parametrlarini aniqlash, ularning tuzilishi va xususiyatlarini o'rganish imkonini beruvchi tadqiqot usullari keltirilgan.

Grunt qatlamlarining seysmik tebranishlar parametrlariga jadallik, amplituda, tebranishlarning davr, chastota, tezlik, tezlashishi va ularning maksimal qiymatlari kiradi. Ular birgalikda muhandis inshootlariga seysmik ta'sirlar intensivligini aniqlaydi.

Zilzilala vaqtida yer silkinishining intensivligi va shu bilan bog'liq inshootlarning shikastlanishiga ma'lum darajada mahalliy geologik va grunt sharoitlari ta'sir ko'rsatadi. Aniqlanishicha, bo'shoq tog' jinslari zilzila vaqtida grunt harakatini kuchaytiradi va shuning uchun qattiq qatlamli gruntlarga qaraganda talafot ko'proq bo'ladi. Dispers gruntlar ustiga qurilgan zamonaviy shaharlar, ayniqsa, grunt harakatining kuchayishi natijasida yuzaga kelgan zararga nisbatan juda zaifdir.

Seysmik intensivlikni oshirishni baholash usullaridan biri – bu muhandis-geologik analogiyalar usuli hisoblanadi. Ushbu usul kuchli zilzilalardan keyingi muhandis-geologik tadqiqotlar natijalariga asoslangan. KMK 2.01.03-19 1.1-jadvalga muvofiq, barcha gruntlar uchta turkumga bo'linadi, ularning har biri o'z ball o'sishiga -1, 0 yoki +1 ballga mos keladi.

Shu bilan birga, seysmik ta'sir ostida bo'lgan grunt harakatlarining xususiyatlarini tahlil qilish uchun o'rganilayotgan maydonning ma'lum bir muhandis-geologik tuzilishini ushbu xususiyatlardan foydalangan holda hisoblash usuli qo'llaniladi. Bunday holda, elastik to'lqin tezligi, singib ketish ko'rsatkichlari, grunt qatlamlarining qalinligi, ularning zichligi kabi parametrlar va boshqalardan foydalanish mumkin. Hisoblash usulida kirish signali sifatida shunga o'xshash tuzilishga ega uchastkalarining haqiqiy zilzila yozuvlari to'plami qo'llaniladi.

Grunt qatlamlarining elastik parametrlarini seysmik intensivlik bilan bog'lovchi usullardan biri seysmik qattqliklar usuli hisoblanadi.

1963-1965 yillarda Toshkent shahrida o'tkazilgan seysmik mikrohududlashtirish bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida seysmik ta'sir lyossimon grunt qatlamlari qalinligi bilan bevosita bog'liqlik va zichlashgan

allyuvial choʻkmalarda suvga toʻyinganlikning seysmik taʻsirga taʻsir koʻrsatmasligi aniqlandi.

Toshkent shahri va Toshkent viloyati hududida oʻtkazilgan S.M.Qosimov, S.A. Abduraxmonov, K.Sh. Nurmuxamedov, T.S. Valiyev va boshqalarning tadqiqotlari shuni koʻrsatadiki, instrumental tadqiqot maʼlumotlariga koʻra, grunt sharoitlari grunt qatlamidagi tebranishlarning spektral xususiyatlariga taʻsir koʻrsatadi, jadallikning oʻsishi qoplovchi lyossimon qatlam qalinligi bilan keskin aloqaga ega va qalinligi oʻsib borishi bilan jadallikning oʻsishi ham nomoyon boʻladi. Allyuvial choʻkmalarning tarqalish zonalarida intensivlikning oʻsishi -1-0 orasida oʻzgarib turadi. Elektr qidiruv va seysmik qidiruv tadqiqotlarning geofizik usullarini qoʻllash qoplab olgan boʻshashgan gruntlarning tuzilishi va elastik xususiyatlarini oʻrganish va seysmik qattqlik usuli yordamida seysmik intensivlikning oʻsish hisobini amalga oshirish imkonini beradi.

ShNK 1.02.09-15 (E ilova) ga muvofiq seysmik mikrohududlashtirishda asosiy geofizik usullarga singan toʻlqinlar usuli, vertikal seysmik profillash, gamma-gamma karotaj, kuchsiz zilzilalar, portlashlarni qayd etish usullari kiradi. Bundan tashqari, ushbu meʼyoriy hujjatda kuchli zilzilalarni roʻyxatga olish, mikroseysmlarni qayd etish, grunt qatlamlardagi seysmik toʻlqinlarning soʻnish va singib ketish xususiyatlarini aniqlash usullari koʻmakchi usullar deb koʻrsatilgan. Shu bilan birga, grunt qatlamlarining tuzilishi va elastik xususiyatlarini oʻrganish uchun turli vazifalar, xususan seysmik mikrohududlashtirish masalalarini hal qilishda yuza toʻlqinlari va passiv seysmik usullardan foydalanish jahon amaliyotida keng tarqalgan.

Dissertatsiya ishining ikkinchi bobi «**Grunt qatlamlarining tuzilishi va xususiyatlarini oʻrganish uchun yuza toʻlqinlari usullarining qoʻllanilishi**» deb nomlanadi va seysmik mikrohududlashtirish muammolarini hal qilish uchun yuza toʻlqinlari usullari va ularni qoʻllash toʻgʻrisidagi maʼlumotlarni oʻz ichiga oladi.

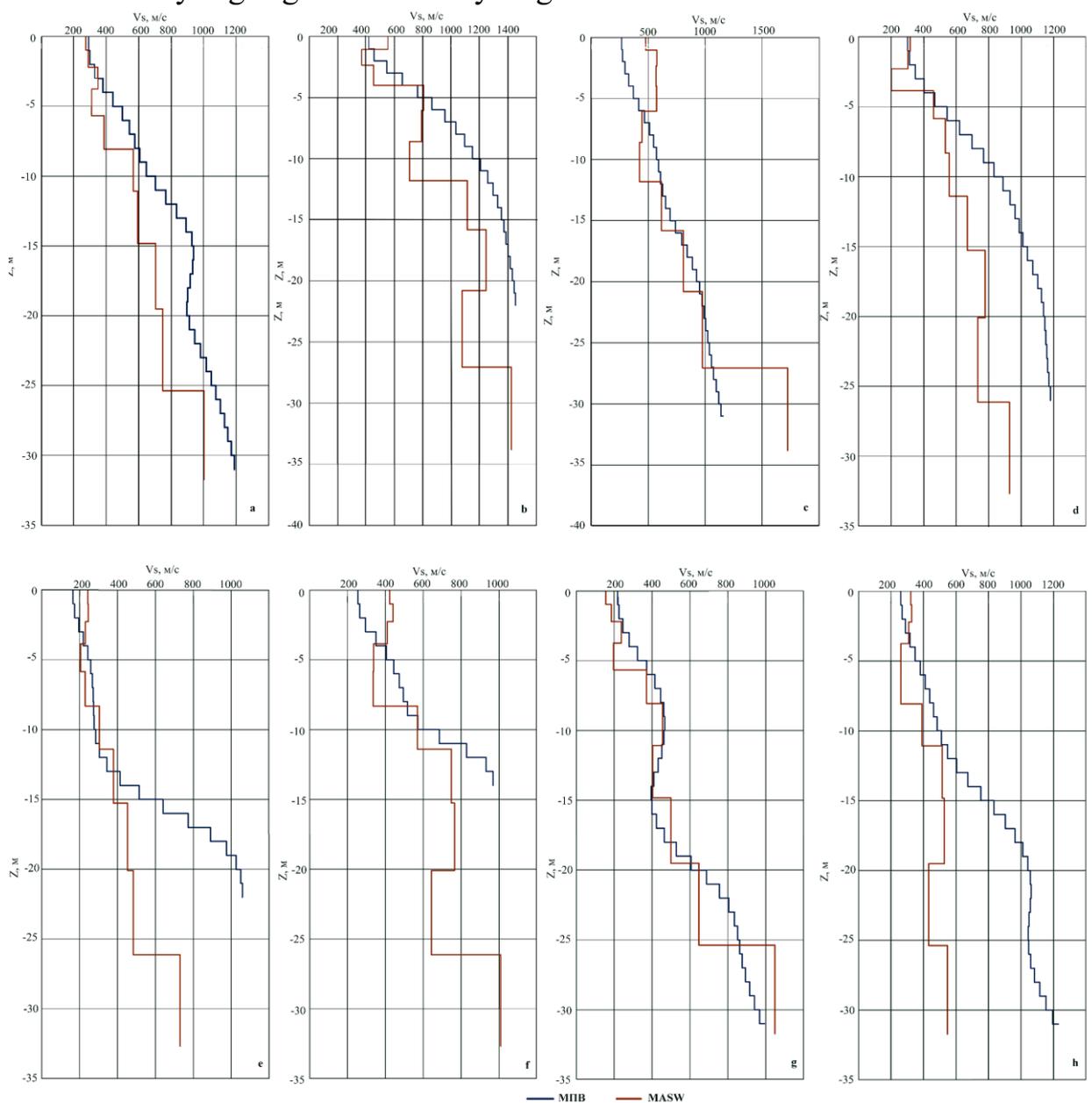
Yuza toʻlqinlarini koʻp kanalli tahlil qilish (MASW) usuli Reley va Lyava toʻlqinlarini qayd etish va tahlil qilishga asoslangan. Reley toʻlqinlari yer-havo chegarasi kabi erkin yuza boʻylab harakatlanadigan yuza toʻlqinlaridir. Uzun toʻlqinli tebranishlar chuqurroq kirib boradi, ular yuqori faza tezligiga ega va chuqur yotgan qatlamlarning elastik xususiyatlariga, qisqa toʻlqinli tebranishlar esa sirtga yaqin qatlamlarga nisbatan sezgirroq boʻladi, bu esa qayd etiladigan seysmik signalning dispersiyasiga olib keladi.

Mikrotebranishlarning vertikal va gorizontal tarkibiy qismlarining spektral nisbati usuli, shuningdek H/V yoki HVSR usuli sifatida ham tanilgan usul, grunt qatlamlarining seysmik xususiyatlarini oʻrganish uchun samarali vosita hisoblanadi. U Yer yuzasida qayd etilgan tebranishlarni oʻlchashga asoslangan va undan seysmik toʻlqinlarni kuchaytirish taʻsirini aniqlash va baholash uchun keng foydalaniladi.

MASW usuli boʻyicha olingan natijalarning ishonchliligini baholash uchun STU usuli modifikatsiyasi seysmotomografiya, VEZ usullari orqali seysmik va elektr qidiruv ishlari olib borildi.

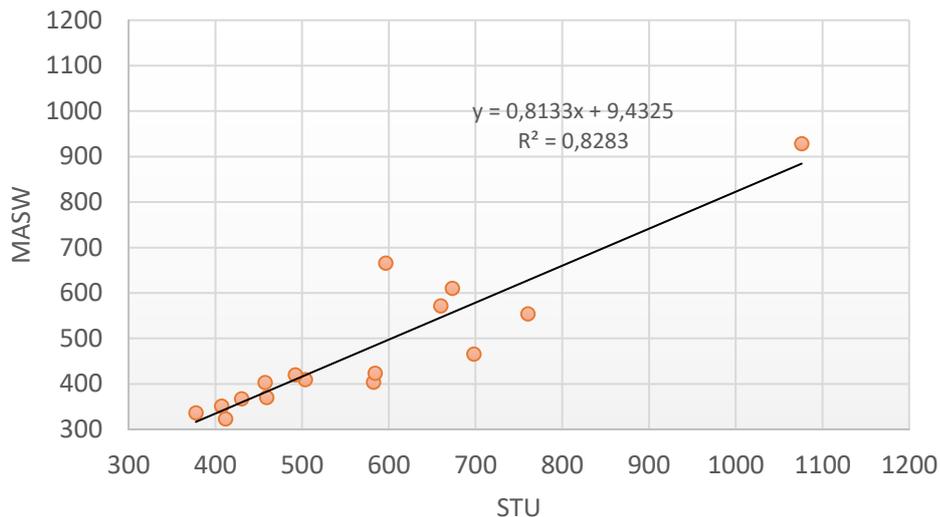
Natijada, MASW va STU maʼlumotlari boʻyicha  $V_s(z)$  profillari oʻxshash xususiyatlarga ega va bir-birini takrorlaydi (1-rasm). Sezilarli farqlar zaif nur

qoplami kuzatiladigan chuqurliklar va MASW ma'lumotlarida namoyon bo'ladigan tezlik inversiyasiga ega kesimlarda yuzaga keladi.



1-rasm. MASW va STU ma'lumotlari bo'yicha  $V_s(z)$  profillar natijalarini taqqoslash; a-h: 196, 221, 219, 214, 212, 210, 194, 192 nuqtalarning ma'lumotlari

Ikki usul ma'lumotlariga ko'ra,  $V_{s30}$  parametrini baholash amalga oshiriladi (2-rasm). Grafik chiziqli xarakterga ega, bunda STU ma'lumotlari bo'yicha  $V_{s30}$  MASW ma'lumotlariga qaraganda kattaroq qiymatga ega bo'lib chiqdi, bu esa inversiya algoritmlarining ishlashi va usulning tabiati bilan bog'liqdir.



2-rasm. MASW va STU bo'yicha Vs30 ni taqqoslash

HVSR va seysmik qidiruv natijalarini MASW usuli yordamida qiyosiy tahlil qilish uchun ko'p qavatli uy qurilishi maydonchasida tadqiqotlar o'tkazildi. Litologik jihatdan qurilish maydonchasi joylashgan maydonni tashkil etuvchi grunt shag'al ustida yotgan supes va suglinok shaklidagi lyoss gruntlar bilan ifodalanadi. 5 m chuqurlikdagi muhandis-geologik burg'ulash ma'lumotlariga ko'ra, asfalt, qirrali shag'al, quyma gruntlar (qalinligi 1,6 m), suglinok grunt ochilgan.

Seysmik qidiruv ishlari olib borilishi natijasida P va S to'lqinlar tezligining profillari olindi. Ma'lumotlarni talqin qilish natijasida tezligi  $V_p$  475 m/s,  $V_s = 226$  m/s bo'lgan quyma gruntlar,  $V_p$  519-924 m/s,  $V_s = 212-554$  m/s suglinok gruntlar va  $V_p$  1611 m/s,  $V_s = 869$  m/s shag'aldan iborat bo'lgan grunt qatlamlari ajratildi. Lyoss gruntlar uchun elastik to'lqinlarning tarqalish tezligidagi o'zgarishlar diapazoni gruntning zichligi bilan bog'liq bo'lib, u elastik to'lqinlar harakat tezligining bir tekisda o'sish tendensiyasi ko'rinishida namoyon bo'ladi.

Ma'lumotlarni ekstrapolyatsiya qilish usuli orqali ushbu qurilish maydonchasi uchun  $V_{s30}$  qiymatlari hisoblab chiqilgan va 534 m/s ni tashkil qilgan.

Mikrotremor yozuvlari ma'lumotlarini tahlil qilish natijasida  $H/V(f)$  funksiyasi olingan.  $H/V=4.5$  ning eng yuqori qiymatiga  $f_0$  6 Gts chastotasi mos keladi, shu vaqtda 30 metrli grunt qalinligi uchun rezonans chastotasi 4.5 Gts ni tashkil qiladi. Ushbu holat elastik xususiyatlarning kuchli kontrasti bilan aks ettiruvchi chegarasi 30 metrdan kam chuqurlikda joylashganligini aniqlashga imkon beradi.

Ushbu chastotaning shag'al qatlam usti chuqurlikka mos kelishini tahlil qilish uchun S to'lqinlar tezligining shag'al qatlam usti chuqurligigacha o'tish tezligining o'rtacha qiymati hisoblab chiqilgan, bu esa 340 m/s ni tashkil qilgan. Natijada rezonans chastotasi 5.7 Gts ni tashkil qiladi, bu esa olingan eng yuqori  $H/V$  qiymati ushbu chegaraga mos keladi deb xulosa chiqarish imkonini beradi.

Buni tasdiqlash uchun seysmik qidiruv tadqiqoti ma'lumotlariga ko'ra olingan model bo'yicha  $H/V$  natijalarni modellashtirish amalga oshirildi. Modellashtirish natijasida  $H/V(f)$  model funksiyasi olindi, uning eng yuqori qiymati  $f_0$  7 Gts chastotada 6.5 ga teng bo'ladi.

Seysmik to‘lqin qattiqligi ko‘rinishidagi chegara chuqurligi va elastik xususiyatlarining ta‘sirini baholash maqsadida muhitning ikki va uch qatlamli modellari uchun H/V funksiyalarini modellashtirish amalga oshirildi. Modellashtirish HV-Inv ilovasi orqali bajarildi.

H/V(*f*) funksiyalarning olingan tahlili, qoplama qatlami ko‘ndalang to‘lqinlarining tarqalish kuchi va o‘rtacha tezligi H/V amplitudasiga ta‘sir qilmasdan rezonans chastotasiga ta‘sir qiladi, degan xulosaga kelish imkonini beradi. H/V ning seysmik qattiqliklar kontrastiga bog‘liqligining analitik ifodasini olish uchun  $Ai_1/Ai_0$  seysmik qattiqlik nisbatidan H/V(*f*<sub>0</sub>) ning eng yuqori qiymatlari bo‘yicha korrelyatsion- regressiya tahlili o‘tkazildi. Korrelyatsion-regressiya tahlili natijasida quyidagi ifoda olindi (1):

$$\frac{Ai_1}{Ai_0} = 0.1534[\lg(H/V(f_0))]^{-1.507}; R^2 = 0.772 \quad (1)$$

bu yerda,  $Ai_1$  va  $Ai_0$  – mos ravishda ustki qatlam va tub tog‘ jins qatlamlarining seysmik qattiqligi, H/V(*f*<sub>0</sub>) – rezonans chastotasidagi H/V amplitudasi.

Olingan ifoda mikrotremor yozuvlarini tahlil qilish ma‘lumotlari bo‘yicha qoplama - ustki va pastki qatlamlarning seysmik qattiqligi nisbatini baholash va o‘rganilayotgan hududning tog‘ jinslariga nisbatan ballar bilan baholanadigan o‘shishini baholashga imkon beradi.

Olingan ifodani o‘rganilayotgan qurilish maydoni bo‘yicha ma‘lumotlarga qo‘llashda ifoda  $H/V(f_0)=5.6$ ,  $Ai_1/Ai_0=0.238$  bo‘lganda, u holda seysmik qattiqlik usuli boyicha hisoblangan  $\Delta I$  shag‘al gruntning suglinok gruntga nisbatan MSK-64 makroseysmik shkalasi bo‘yicha +0.631 ball qiymatni oladi, seysmik qidiruv ishlari natijasida olingan ma‘lumotlar bo‘yicha suglinok gruntning seysmik qattiqligi

$Ai_1= 549.4 \text{ m}\cdot\text{g/s}\cdot\text{sm}^3$ , shag‘al gruntning seysmik qattiqligi esa  $Ai_0= 1251.34 \text{ m}\cdot\text{g/s}\cdot\text{sm}^3$ , ushbu ma‘lumotlar bilan ballar bilan baholashning o‘shishi  $\Delta I=0.597$  ballni tashkil qiladi.

Ko‘rib chiqilgan usullar Andijon shahrini seysmik mikrohududlashtirishda qo‘llanildi. Andijon shahri hududida olib borilgan geofizik va instrumental tadqiqotlar MASW usulidan foydalangan holda seysmik qidiruv kuzatuvlari, kuchsiz zilzilalar yozuvini qayd etish va H/V usulini o‘z ichiga oladi.

MASW usulidan foydalangan holda olib borilgan geofizik tadqiqotlar profil uzunligi 46 m bo‘lgan 146 kuzatuv nuqtalarida, qabul qilish punktlari orasidagi masofa 2 m bo‘lgan 24 kanalli seysmik qidiruv stansiyasida amalga oshirildi. Qayd qilish uchun 4,5 Gts chastotali vertikal geofonlardan foydalanildi. Qo‘zg‘atish va qabul qilish Z-Z sxemasiga muvofiq, qabul qilish liniyasidan maksimal va minimal masofa 48 va 2 m bo‘lgan yonbosh kuzatuv tizimi bo‘yicha amalga oshirildi.

Olingan chuqurlik-tezlik modellariga ko‘ra, lyoss gruntlar ko‘ndalang to‘lqinlarning 200-300 m/s oralig‘idagi tarqalish tezligiga mos keladi, degan xulosaga kelish mumkin, shag‘al qatlam ko‘ndalang to‘lqinlarning tarqalish tezligi 400 m/s dan yuqori bo‘lgan qatlamlarga to‘g‘ri keladi, bu esa o‘rganilayotgan hududning muhandis-geologik tuzilishi haqidagi ma‘lumotlarga to‘g‘ri keladi. Olingan Vs(*z*) profillar asosida 30 metrli grunt qatlamidagi ko‘ndalang to‘lqin

masofasining o‘rtacha tezlik qiymatlari hisoblab chiqildi va Andijon shahri maydoni bo‘yicha Vs30 ning tarqalish xaritasi tuzildi. Chuqurlik o‘lchamlari 30 metrdan oshmagan hollarda, to‘lqin masofasining o‘rtacha tezlik ma’lumotlarini ekstrapolyasiya qilishda quyidagi tenglama qo‘llanilgan.

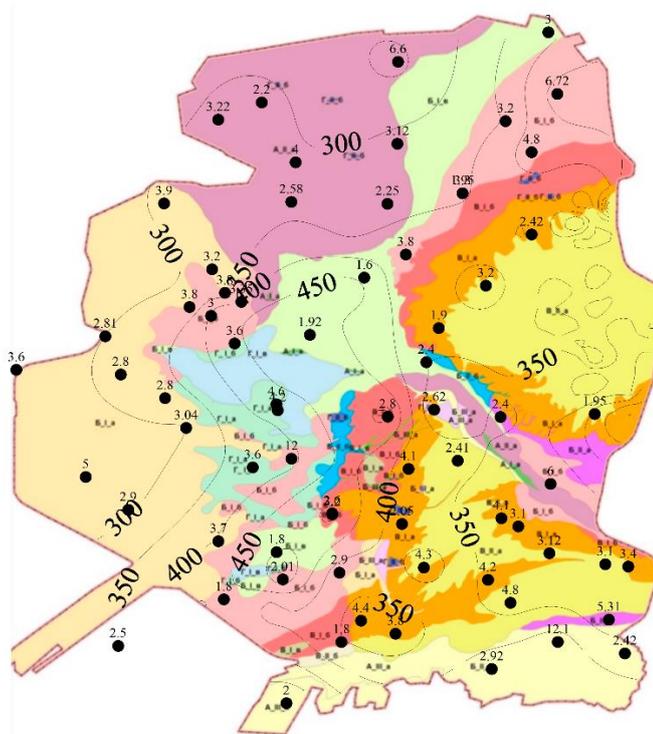
$$\log(Vs(30)) = \log(Vs(z_2)) + \frac{\log(30) - \log(z_2)}{\log(z_2) - \log(z_1)} (\log(Vs(z_2)) - \log(Vs(z_1))) \quad (2)$$

bu yerda Vs(30) 30 metrlik grunt qatlamidagi ko‘ndalang to‘lqin o‘rtacha tezligi; z1 va z2 - z1 < z2 < 30 nisbatda bo‘lgan chuqurlik; Vs(z1) va Vs(z2) - z1 va z2 chuqurlikka mos keladigan ko‘ndalang to‘lqin o‘rtacha tezligi.

Olingan Vs30 tarqalish, muhandis-geologik hududlashtirish xaritalarini birgalikda tahlil qilish (3-rasm) Vs30 qiymatining o‘sishi qoplovchi qatlam qalinligi va shag‘al qatlam usti chuqurligi bilan bog‘liqlikni ko‘rsatish imkonini berdi.

Shunday qilib, Vs30 ning eng yuqori qiymatlari – 450-500 m/s, shaharning markaziy qismidagi yuqori to‘rtlamchi davrning supes va suglinok, zamonaviy antropogen quyma gruntlar bilan qoplangan, shag‘al qatlam usti 1-10 m da bo‘lgan allyuvial-prolyuvial cho‘kindilarga to‘g‘ri keladi.

Qoplovchi g‘ilof qatlam qalinligi ortishi bilan Vs30 kamayishi sodir bo‘ladi, bu shaharning shimoliy va g‘arbiy qismlarida yaqqol ifodalangan bo‘lib, u yerda lyossimon supes, suglinokli gruntlar, yupqa qalinlikdagi qum va mayda shag‘al qatlamlari bo‘lgan maydonlar joylashgan, qoplama cho‘kindilarining qalinligi 10 m dan ortiq, shag‘al usti yotish chuqurligi esa 10,0 m dan ortiq chuqurlikda qayd etilgan.



3-rasm. Mikroseysmik ro‘yxatga olish usuli bo‘yicha natijalar va Vs30 izochiziqlarini qoplash orqali muhandis-geologik hududlashtirish xaritasi (nuqtalar bilan H/V qiymatga ega qayd qilish punktlari belgilangan)

Seysmik qidiruv tadqiqotlari va burg‘u ishlari natijasida olingan ma‘lumotlarga ko‘ra, turli muhandis-geologik uchastkalar uchun 30 metrli grunt qatlamlarida ko‘ndalang to‘lqin o‘rtacha zichligi va tezligining kross-plotlari qurilgan. Diagrammalar tahlili ko‘ndalang to‘lqinlar zichligi va tezligining uchastkalarining muhandis-geologik sharoitlariga bog‘liqligini aniqlash imkonini berdi, elastik xususiyatlarga ta‘sir qiluvchi omillar orasida shag‘al usti yotish chuqurligi va yer osti suvlari sathining holatini ajratish mumkin. Birinchi omil ikkala tahlil qilinayotgan elastik parametrlarda namoyon bo‘ladi, ikkinchisi esa ko‘ndalang to‘lqinlarning tarqalish tezligiga qaraganda zichlikka ko‘proq ta‘sir qiladi. Regressiya tahlili natijasida  $\rho_{30}$  ning  $Vs_{30}$  ga korrelyatsiya koeffitsienti 0,67 ga bog‘liqligi olindi (3).

$$\rho_{30} = 0.5296Vs_{30}^{0.1995} \quad (3)$$

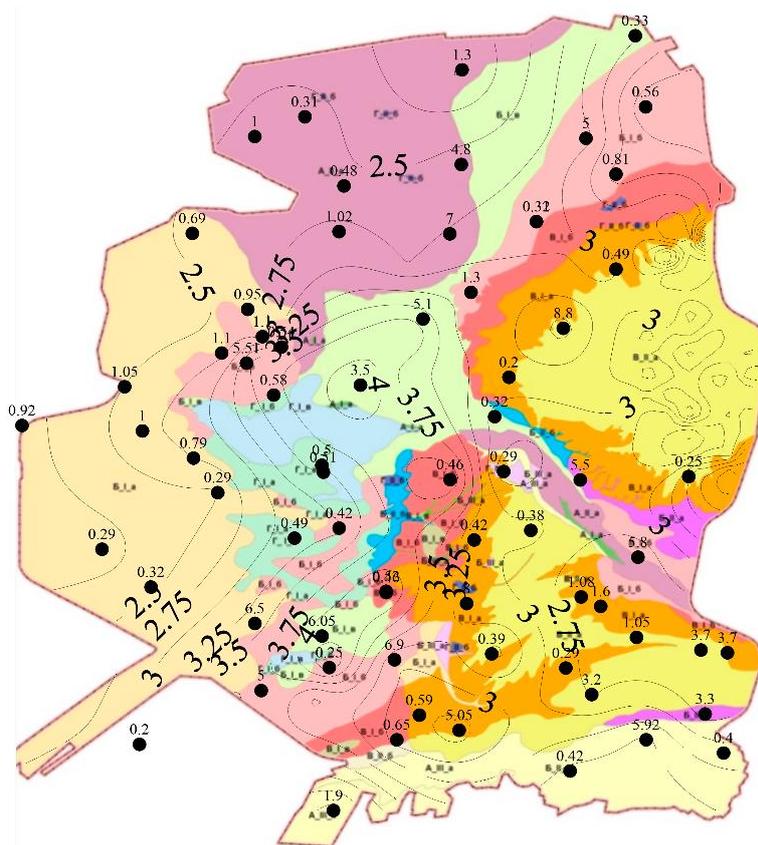
bu yerda,  $\rho_{30}$  – 30 metrli grunt qatlamining o‘rtacha zichligi.

Kuchsiz zilzilalar usuli yordamida geofizik tadqiqotlar va instrumental kuzatuvlar natijalarini taqqoslash shuni ko‘rsatadiki,  $Vs_{30}$  tezligining oshishi bilan ball o‘sib borishining kamayishi sodir bo‘ladi. Xaritadan ko‘rinib turibdiki, 400 m/s izochiziq ichida joylashgan stansiyalar uchun ballning o‘shishi nolga teng yoki kichik qiymatga ega. Yuqorida aytib o‘tilgan izochiziqdan tashqarida, qalin lyossimon gruntlarning past tezlikdagi qatlamlari mavjudligi sababli jadallikning ortirmasi ijobiy qiymatlarga ega.

Mikroseysmik qayd etish usuli yordamida olingan natijalar grunt qatlamining rezonans chastotasini aniqlash va yozuvning vertikal va gorizontal qismlarining spektral nisbatini baholashga imkon beradi (H/V). Nisbatning qiymati muhitning elastik xususiyatlaridagi kontrast darajasi bilan bog‘liq, ushbu kontrastning namoyon bo‘lish chastotasi ko‘ndalang to‘lqinlarning kuchi va o‘rtacha tezligi bilan belgilanadi.

4-rasmda 30 metrli grunt qatlamlarining rezonans chastotali izoliniyalari qoplamasi bilan muhandis-geologik hududlashtirish xaritasi va mikroseysmik qayd qilish usuli natijalari taqdim etilgan; H/V qiymatlari bilan ro‘yxatga olish punktlari nuqtalar bilan belgilangan. Ushbu xaritada H/V va  $Vs_{30}$  natijalari o‘rtasidagi ba‘zi nomuvofiqlikni qayd etish mumkin.

Ushbu nomuvofiqlikning sababini anglab etish uchun 30 metrli grunt qatlamining rezonans chastotalari xaritasi hisoblab chiqilgan. Hisob-kitoblar natijasida Andijon shahri uchun 30 metr qalinlikdagi rezonans chastotalar 2-5 Gts chastota diapazonida joylashganligi aniqlandi, demak mikrotebranishlarni qayd qilish ma‘lumotlaridan olingan chastota diapazonidan sezilarli darajada torroq. Pastki chastotalar mavjudligi 30 m dan katta chuqurlikda kontrastli grunt-tog‘ jinsi chegarasi mavjudligini ko‘rsatadi. Ushbu vaziyatning echimi kesim tuzilishi va uning elastik xususiyatlarini chuqurroq o‘rganish usullarini birlashtirishda ko‘rinadi.



4-rasm. 30 metrli grunt qatlamining rezonans chastota izochiziqlari va mikroseysmik qayd qilish usuli natijalari bilan muhandis-geologik hududlashtirish xaritasi (ro'yxatga olish punktlari  $f_0$  belgili nuqtalar bilan belgilangan)

Dissertatsiyaning «**Geofizik tadqiqot ma'lumotlari bo'yicha grunt qatlamlarining rezonans xususiyatlarini o'rganish**» deb nomlanuvchi uchinchi bo'limida grunt qatlamining rezonans xususiyatlarini o'rganish natijalari keltirilgan.

Grunt qatlamining rezonans xususiyatlari – bu grunt qatlamining ma'lum bir chastotali tebranishlarini kuchaytirish qobiliyatidir. Ushbu qobiliyat grunt qatlamlarida elastik to'lqinlar tarqalishining o'ziga xos xususiyatlari bilan bog'liq.

Grunt qatlamining rezonans xususiyatlarini o'rganish usullari H/V egri chiziqlarini tahlil qilish yoki grunt qatlamining elastik xususiyatlari to'g'risidagi ma'lumotlar asosida hisoblash usullaridan foydalanish hisoblanadi.

Grunt qatlamining uzatish funksiyasini o'rganishni hisoblash usuli grunt qatlamining seysmik ta'sirga reaksiyasini modellashtirishga asoslangan. Kirish ma'lumotlari o'rganilayotgan hududning chuqurlik, tezlik, zichlik modellari, shuningdek seysmik ta'sirning to'lqin shakli hisoblanadi. Seysmik ta'sir sodir bo'lgan zilzila yozuvi yoki belgilangan chastota xususiyatlariga ega model impulsi sifatida ifodalanishi mumkin. Ikkinchi yondashuvni qo'llash yanada mantiqliroq ko'rinadi, chunki zilzila yozuvlari o'lchovlar amalga oshirilgan grunt qatlamining chastota xususiyatlarini o'z ichiga oladi.

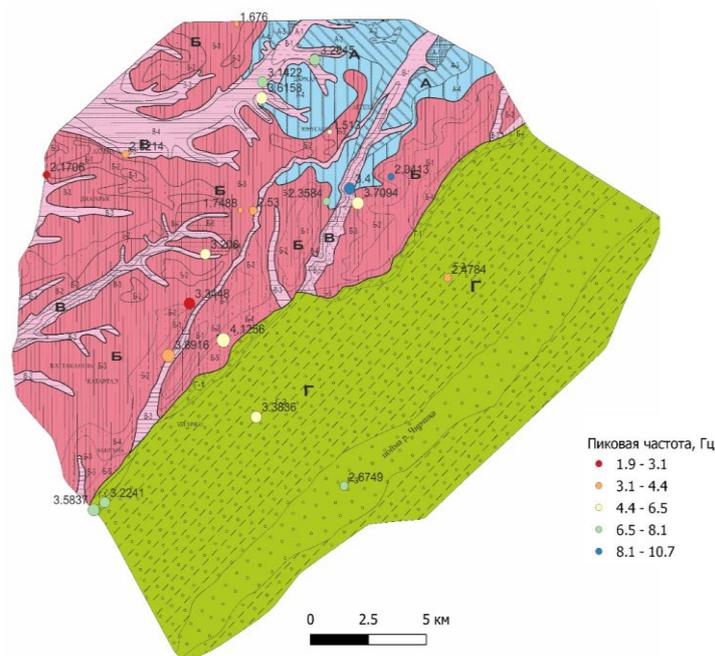
Tadqiqot doirasida 0,1-100 Gts chastotali diapazondagi modeli impulsdan foydalanilgan.

Modellashtirish natijasida erkin yuzadagi tebranishlar yozuvini olish mumkin, ular spektrining boshlang'ich spektrga nisbati grunt qatlami xususiyatlari hisobiga

tebranishlarni kuchaytirish grafigini olish imkonini beradi, grafikda kuzatilgan yuqori nuqtalar muhitning berilgan modelning rezonans chastotalarini aniqlash imkonini beradi. Chastota diapazonidagi yuqori nuqta ma'lumotlari quyidagi nisbatga mos keladi  $f_0 = \frac{4H}{V_s}$ , va dinamiklik koeffitsienti deb ataladigan ushbu yuqori nuqta amplitudasi esa ma'lum bir chastotada olingan va kirish signali spektrlarining nisbati hisoblanadi. Berilgan nuqta uchun olingan natijalarni H/V kuzatuv ma'lumotlari bilan taqqoslab, egri chiziqlar shakllarining bir xilligini kuzatish mumkin. Chastota 6.5 Gts bo'lganda bir-biriga aynan o'xshash yuqori nuqtalar kuzatiladi, bunda H/V ma'lumotlarida model ma'lumotlarida mavjud bo'lmagan 2-3 Gts li chastota diapazonidagi maksimumlar ishtirok etadi. Ushbu jihatni modelning cheklovlari va grunt qatlamining to'liq tuzilishi haqida ma'lumot yo'qligi bilan izohlash mumkin, shuningdek, H/V ma'lumotlari 1 Gts dan past chastotalarda funksiyaning oshishini kuzatilgan, bu esa tekshirilganidan kattaroq chuqurlikda kontrastli chegara mavjudligidan dalolat beradi.

Geofizik tadqiqotlar natijalariga ko'ra, kirish effekti sifatida qisqa impulsdan foydalanib, Strata dasturiy paketida Toshkent shahar qurilish maydonchalari grunt qatlamining seysmik ta'sirga reaksiyasi raqamli modellashtirish orqali amalga oshirildi. Modellashtirish natijasida grunt qatlamining dinamiklik koeffitsientidagi o'zgarishlarning egri chiziqlari olindi.

Olingan natijalar (5-rasm) seysmik ta'sir ostida rezonans ta'sirini baholashga imkon beradi, bu asosan ko'p jihatdan grunt massivining qalinligi, shuningdek uning elastik xususiyatlari kabi parametrlarga bog'liq. O'zgarmas qalinlikdagi grunt massivi elastik xususiyatlarining yomonlashuvi rezonans chastotasining pasayishi va dinamiklik koeffitsientining oshishiga olib keladi, bu esa seysmik ta'sir intensivligining oshishiga olib keladi.



5-rasm. O'rganilayotgan nuqtalarda amplitudalar va ularga mos chastotalarning eng yuqori qiymatlari

Dissertatsiyaning «**Andijon shahrining erkin yuzasidagi seysmik ta'sirlarni baholash**» deb nomlanuvchi to'rtinchi bobida erkin yuzadagi seysmik ta'sirlarni hisoblash usuli orqali baholash taqdim etilgan.

Seysmik mikrohududlashtirishning yakuniy bosqichlaridan biri erkin yuzadagi seysmik ta'sirlarni baholash hisoblanadi.

Seysmik ta'sirlarni hisob-kitob qilishni amalga oshirish uchun dastlabki ma'lumotlar seysmik grunt sharoitlari modeli va ushbu model orqali o'tgan dastlabki tebranishlar hisoblanadi.

Muhandis-geologik va seysmik qidiruv ma'lumotlariga (MASW profillari) asoslangan hisob-kitoblarni amalga oshirish uchun umumlashtirilgan seysmogeologik model, grunt qatlamining 70 modeli qurildi.

Hisoblash usullari grunt qatlamining amplituda-chastota xususiyatlari va shunga mos ravishda maydonning erkin yuzasi yoki muhitning ichki nuqtalarida qatlamli muhit tomonidan o'zgartirilgan tebranishlarning xususiyatlarini aniqlashga imkon beradi.

Ushbu usul yordamida hisob-kitoblarni amalga oshirish uchun akselerogramma, reaksiya spektri tomonidan berilgan dastlabki seysmik ta'sirni aniqlash va grunt qatlamining seysmogeologik modellarini yaratish kerak. Buning uchun zilzilalarning akselerogrammalari tanlab olindi, ular o'z mexanizmi (tashlama uzilma va ko'tarilma uzilma) va seysmik to'lqinlarning tarqalish tabiati bo'yicha O'zbekiston Respublikasi hududining seysmologik sharoitlariga mos keladi.

Dastlabki seysmik ta'sir sifatida normallashtirilgan akselerogrammadan 2020/11/06 07:38:57.000 foydalanilgan. PGA – 0,38g. M=5.0. N=5 km. Kengligi 40.16, Uzunligi 71.72, SKHM seysmik stansiyasi.

Akselerogrammalar normallashtirilgan va Andijon shahri hududida 300 m chuqurlikda keng tarqalgan birinchi toifadagi gruntlarning tezlashishiga mos keladigan tezlashuv qiymatiga keltirilgan, ular konglomerat gil – loy grunt bilan ifodalanadi.

Grunt qatlamlarining geologik tuzilishi va fizik xususiyatlari to'g'risidagi ma'lumotlar grunt qatlamlarining seysmik ta'sirga reaksiyasini modellashtirish uchun dastlabki ma'lumotlar hisoblanadi. Bunday modellashtirish asosida yuqqa qatlam usuli, shuningdek cheklangan elementlar usuli yotadi. Ushbu modellashtirish grunt qatlamining rezonans xususiyatlarini hisobga olish va grunt sharoitlarining amplituda, chastota spektri va tebranishlar davomiyligiga ta'sirini baholash imkonini beradi. Shunga o'xshash yondashuv asosida 70 ta seysmogeologik modellar ishlab chiqilgan, ularning rejadagi joylashuvi seysmogeologik modellarining joylashish nuqtalari xaritasida ko'rsatilgan. Bu yerda shuni ta'kidlab o'tish kerakki, seysmogeologik modellarni ishlab chiqishda seysmik qidiruv natijalari, ya'ni bo'shliqdagi Vs30 o'zgarishlardan foydalanilgan.

Grunt qatlami reaksiyasining spektrlari grunt turli spektral diapazonlariga ta'sir qilish reaksiyasining o'zgarishini tahlil qilishga imkon beradi, eng kichik o'zgarish 10-nuqta uchun kuzatiladi. Grunt qatlami reaksiyasining eng katta o'sishi 0,11 – 0,5 s davrlar oralig'ida kuzatiladi, bu 1-2 Gts ga to'g'ri keladi. Modellashtirish natijasida eng yuqori tezlanishning o'zgarish grafiklari va chuqurlik bilan grunt reaksiyasi spektri hisoblab chiqilgan. Shunday qilib, kunduzgi yuzada tezlashishning eng

yuqori qiymati taqdim etilgan nuqtalar uchun mos ravishda 0,55g va 0,28g ni tashkil qiladi. Barcha profillarda tog' jinslari darajasining 0,28 g gacha cho'qqi tezlanishining pasayish tendensiyasi kuzatiladi.

Interpolyasiya natijasida barcha 70 ta nuqta uchun zilzilani modellashtirgan holda, Andijon shahri hududini cho'qqi tezlanish ko'rsatkichlarida seysmik mikrohududlashtirish xaritasi, boshlang'ich seysmik cho'qqi tezlanish qiymati 0,301g bo'lgan asosida hisob usul yordamida tuzildi (6-rasm).



6-rasm. Andijon shahri hududini cho'qqi tezlanish (PGA) qiymatlari bo'yicha seysmik mikrohududlashtirish xaritasi

## XULOSA

Ushbu dissertatsiya mavzusi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar asosida quyidagi xulosalar chiqarildi:

1. Vs30 parametrni baholashda MASW va STU usullar bir xil natijalarni ko'rsatdi, biroq Vs(z) profillar taqqoslanganda, kesimda tezlik inversiyasi yuzaga kelganda, STU bo'yicha chuqurlikni aniqlashtirish o'lchami sezilarli darajada pasayishi aniqlandi.

2. Beshta o'zgarmas grunt qatlam modellari H/V(f) fuksiyasi tahlili asosida seysmik qattqlik nisbatining H/V(f0) qiymatiga to'g'ri proposionaligi aniqlanadi. H/V(f0) seysmik qattqlik nisbatining orasidagi bog'liqlik ifodasi asosida seysmik jadallik ortirmasini baholashga imkon berdi.

3. MASW usuli asosida Andijon shahri hududida tarqalgan gurunt qatlamlarining Vs30 qiymatlari 300 dan 550 m/s gacha o'zgarishi, Vs30 qiymati shag'al yotqiziqlarni qoplagan lyossimon gruntlarning qalinligi bilan chambarchas bog'liqligi aniqlandi. Natijalar shahar hududining Vs30 xaritasini ishlab chiqishga imkon berdi.

4. Instrumental tadqiqot natijalarida olingan seysmik jadallik ortirma qiymatlari Vs30 qiymatlari bilan teskari proporsionalligi aniqlandi. Ushbu

bog'liqlik grunt qatlamlari xususiyatlarining seysmik jadallikka ta'siri bilan izohlanadi.

5. Grunt qatlamlari modelining seysmik ta'sirga reaksiyasini baholash natijasida Toshkent shahri qurilish maydonlari grunt qatlamining chastotali ta'siri aniqlandi. Olingan natijalar H/V ma'lumotlari bilan tasdiqlandi.

6. Seysmik mikrohududlashtirishda grunt modellarini qo'llanilishi seysmik ta'sirning sintetik akselerogrammalaridan foydalangan holda yer yuzasida vujudga keladigan seysmik ta'sirni baholash imkonini berdi. Bunday yondashuv grunt qatlamlarining seysmik ta'sirga ko'rsatadigan effektini barcha jihatlarini hisobga olish imkonini berdi.

7. Andijon shahrining Vs30 va cho'qqi tezlanishlarning ko'rsatkichlari taqqoslanganda ularning qiymatlari teskari proporsionalligi aniqlandi. Shaharning markaziy va sharqiy qismlarida Vs30 yuqori bo'lganda cho'qqi tezlanishlarning minimal qiymatlariga to'g'ri kelishi aniqlandi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02/30.12.2019.GM/FM.97.01  
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ  
ПРИ ИНСТИТУТЕ СЕЙСМОЛОГИИ**

---

**ИНСТИТУТ СЕЙСМОЛОГИИ**

**МАМАРОЗИКОВ ТИМУР УМАРЖОНОВИЧ**

**ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ  
ГРУНТОВЫХ ТОЛЩ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКОМ  
МИКРОРАЙОНИРОВАНИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

**04.00.06 – Геофизика. Геофизические методы поисков полезных ископаемых**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
**диссертации доктора философии (PhD) по геолого-минералогическим наукам**

**Ташкент-2024**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2023.4.PhD/GM207.

Диссертационная работа выполнена в Институте сейсмологии.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ([www.seismos.uz](http://www.seismos.uz)) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Научный руководитель:** **Исмаилов Вахитхан Алиханович**  
доктор геолого-минералогических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Раджабов Шухрат Сайфуллаевич**  
доктор геолого-минералогических наук

**Нуртаев Бахтиер Сайфуллаевич**  
кандидат физико-математических наук

**Ведущая организация:** **Институт гидрогеологии и инженерной геологии**

Защита диссертации состоится «31» июля 2024 года в «10:00» часов на заседании Научного совета DSc.02/30.12.2019.GM/FM.97.01 при Институте сейсмологии (Адрес: 100128, г. Ташкент, ул. Зулфияхоним, 3. Тел.: +99871 241-51-70; +99871 241-74-98; E-mail: [seismologiya@mail.ru](mailto:seismologiya@mail.ru)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института сейсмологии (регистрационный номер №1154) (100128, г. Ташкент, ул. Зулфияхоним, 3. Тел.: +99871 241-51-70)

Автореферат диссертации разослан «5» июля 2024 года.  
(реестр протокола рассылки №14 от «5» июля 2024 года).



**С.Х. Максудов**  
Председатель Научного совета по  
присуждению ученых степеней,  
д.ф.-м.н., профессор

**З.Ф. Шукуров**  
Ученый секретарь Научного совета по  
присуждению ученых степеней,  
доктор философии (PhD) по г.-м.н.

**А.И. Туйчиев**  
Председатель Научного семинара при  
Научном совете по присуждению ученых степеней,  
д.ф.-м.н.

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мировой практике большое значение в области сейсмической безопасности имеют вопросы оценки сейсмических колебаний, вызванных сильными землетрясениями, и снижения их ущерба. В сейсмически активных районах при градостроительном планировании особое внимание уделяется оценке воздействия сильных землетрясений с учетом грунтовых условий. В условиях устойчивого развития стран с высоким сейсмическим риском оценка приращения сейсмической интенсивности землетрясения за счет грунтовых условий и исследования, направленные на долгосрочный прогноз, позволяют реализовать меры по смягчению последствий землетрясения.

В настоящее время в развитых странах мира проводится ряд научных исследований по оценке сейсмических воздействий на основе свойств различных грунтовых толщ. В этом контексте геофизические методы, в частности методы MASW и HVSR, применяются для оценки упругих свойств слоев грунта, определения закономерностей их распространения и моделирования колебаний грунтовых толщ под сейсмическим воздействием, при этом особое внимание уделяется совершенствованию области сейсмической безопасности и градостроительного планирования на основе сейсмического микрорайонирования.

В связи с тем, что наша Республика находится в сейсмически активном регионе и бурным ростом объёмов строительства работы по сейсмическому районированию становятся необходимым и востребованными. Такие исследования выполняются преимущественно на урбанизированных территориях, в частности в городах Андижан, Наманган, Фергана и Ташкент, где затруднено применение стандартных геофизических методов. В стратегии развития нового Узбекистана определены важные задачи по «...экологии и охране окружающей среды, улучшению экологической ситуации в городах и районах...»<sup>1</sup>. В связи с этим актуальным является проведение научных исследований по оценке параметров сейсмических колебаний грунтовых слоев с использованием современных геофизических методов при сейсмическом микрорайонировании.

Исследования, проводимые в рамках данной диссертационной работы, в определенной степени служат выполнению задач, предусмотренных в постановлениях Президента Республики Узбекистан от 9 августа 2017 года №ПП-3190 «О мерах по совершенствованию проведения научных исследований в области сейсмологии, сейсмостойкого строительства и сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан», от 30 мая 2020 года №ПП-4794 «О мерах по коренному совершенствованию системы обеспечения сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан», Указе Президента Республики Узбекистан от 30 мая 2022 года №144 УП «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан, от 28 января 2022 г. № УП-60 “О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы”

обеспечения сейсмической безопасности республики Узбекистан», нормативно-правовых документах касающихся данной деятельности.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики – VIII «Науки о Земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка минерального сырья)».

**Степень изученности проблемы.** На сегодняшний день в области сейсмического микрорайонирования проводятся масштабные инженерно-геологические, инженерно-сейсмологические и геофизические исследования. Вопрос о влиянии состава горных пород, уровня подземных вод, рельефа, наличие тектонически нарушенных зон на интенсивность сейсмического воздействия был затронут во множестве исследований. Этой проблемой в разное время занимались ученые, такие как С.В. Медведев, С.В. Пучков, А.Н. Вахтанова, Н.И. Кригер, А.С. Алешин, В.Б. Заалишвили В.В. Севостьянов, И.Г. Миндель, А.Д. Кожевников, Г.А. Мавлянов, В.М. Мирзаев, С.М. Касымов, А. Джураев, Ю.К. Чернов, Т.С. Валиев, С.А. Абдурахманов, В.А. Исмаилов и др. В работе С.В. Медведева рассматриваются упругие свойства грунтовой толщи и их влияние на сейсмическое воздействие; А.Н. Вахтанова в своей работе определяет основы для дифференциации сейсмичности в зависимости от инженерно-геологических условий; в работах Н.И. Кригера, Ю.И. Баулина определено влияние неоднородности и деформационных свойств различных типов грунтов на сейсмический эффект. Необходимо также отметить труды А.С. Алешина, в которых наиболее подробно описаны методика оценки сейсмических свойств грунтов и дана оценка преимуществ и недостатки геофизических методов при сейсмическом микрорайонировании.

Исследования, направленные в области сейсмического районирования в Узбекистане, проводятся с 1961 г., на инструментальной основе с использованием инженерно-геологических, геолого-тектонических данных с учетом сейсмического режима с 1963 г. Под руководством Г.А. Мавлянова, В.И. Уломова, С.М. Касымова, С.А. Абдурахманова разработана методология и составлены карты сейсмического микрорайонирования территорий ряда городов Республики Узбекистан, определены методы инженерно-геологических, геофизических и инструментально сейсмологических методов, применяемых при сейсмическом микрорайонировании.

Применение геофизических методов для исследования свойств грунтовых толщ рассмотрено в работах К. Aki, P. Richards, Y. Nakamura, Ю.Н. Воскресенского, В.К. Хмелевского, К. Hayashi, O. Yilmaz и других. В рамках исследований рассмотрено применение различных типов волн и методик исследований строения грунтовой толщи геофизическими методами.

**Связь диссертационного исследования с научно-исследовательскими работами учреждения, где выполнена диссертация.**

Диссертационное исследование в соответствии с планом НИР Института сейсмологии АН РУз осуществлялось в рамках прикладного проекта

«Разработка сейсмических моделей грунтовых условий для определения сейсмического уровня строительных площадей (в макросейсмических баллах и инженерных показателях) и создание механизма их внедрения в практику» (2021-2023 гг.).

**Цель исследования** заключается в совершенствовании геофизических методов для оценки параметров сейсмических колебаний грунтовых толщ.

**Задачи исследования:**

анализ существующих геофизических методов при изучении строения и свойств грунтовой толщи;

определение характеристик грунтовой толщи с применением различных геофизических методов;

изучение воздействия параметров грунтовой толщи на характеристики сейсмических колебаний;

определение спектральных характеристик грунтовой толщи расчетными методами и сопоставление с результатами геофизических наблюдений;

разработка моделей сейсмогрунтовых условий и совершенствование расчетных методов оценки параметров сейсмических колебаний на основе геофизических данных.

**Объект исследования** - грунтовые толщи городов Андижан и Ташкент, являющиеся основанием зданий и сооружений.

**Предметом исследования** является математическое моделирование и анализ геофизических, инженерно-геологических данных, связанное с оценкой сейсмических колебаний грунтовых толщ.

**Методы исследования.** В диссертации использованы методы геофизических исследований, в том числе многоканальный анализ поверхностных волн (MASW), метод регистрации микросейсм (HVSR) и их комплексирование, а также интерпретация геолого-геофизических данных на территории исследования.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработана методика экспресс оценки средних значений плотности 30-метровой грунтовой толщи по данным сейморазведочных исследований методом MASW;

оценена эффективность применения метода MASW при решении задач сейсмического микрорайонирования городских территории;

разработана методика определения частотных свойств на основе численного моделирования реакции грунтовых толщ на импульсные воздействия;

оценена эффективность применения метода спектральных отношений вертикальной и горизонтальных компонент микросейсм (HVSR) для исследования свойств грунтовой толщи при определении параметров сейсмических колебаний.

**Практические результаты исследования:**

созданы карты параметров сейсмических колебаний ( $V_{s30}$  и  $f_0$ ) грунтовых толщ для территории г. Андижана;

создана 3D-модель скорости распространения поперечных волн грунтовых толщ города Андижана;

апробирован метод цифрового расчета резонансных частот сейсмических колебаний грунтового слоя;

на основе результатов цифрового моделирования рассчитаны резонансные частоты сейсмических колебаний грунтовых толщ для объектов строительства в Ташкенте и оценены сейсмические воздействия на поверхность земли.

**Достоверность полученных результатов.** Достоверность полученных результатов определяется исследованием 70 точек микросейсмических (HVSR) измерений, 146 сейсмических профилей и инструментальными сейсмометрическими наблюдениями в 14 точках в городах Андижан и Ташкент, а также результатами геологических, инженерно-геологических и геофизических исследований этих городов.

**Научная и практическая значимость результатов исследований.** Научная значимость результатов исследований заключается в совершенствовании метода оценки сейсмического опасности применением методов MASW и HVSR для определения параметров сейсмических колебаний грунтовых толщ при сейсмическом микрорайонировании городских территорий.

Практическая значимость результатов исследования объясняется тем, что составленные для городов Андижана и Ташкента карты  $V_{s30}$ ,  $f_0$ , 3D модель распространения поперечных волн служат для смягчения последствий землетрясений при реализации градостроительных мероприятий.

#### **Внедрение результатов исследования.**

На основе научных результатов, полученных в ходе оценки параметров сейсмических колебаний грунтовых толщ геофизическими методами:

Методика экспресс-оценки средних значений плотности 30-метрового грунтового слоя на основе данных метода MASW внедрена в практику Центра передовых технологий (Справка Министерства высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан № 04/17-4/2-162 от 22 февраля 2024 г.). Результаты послужили для оценки физико-механических свойств исследуемых территорий;

для решения задач сейсмического микрорайонирования городских территорий метод MASW внедрен в практику Центра передовых технологий (Справка Министерства высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан № 04/17-4/2-162 от 22 февраля 2024 г.). Результаты применения метода позволили оптимизировать геофизические исследования;

разработанная методика на основе численного моделирования реакции грунтовых толщ на импульсное воздействие внедрена в практику Центра передовых технологий (Справка Министерства высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан № 04/17-4/2-162 от 22 февраля 2024 г.). Полученные результаты позволили изучить частотные характеристики грунтовых толщ при работах по сейсмическому микрорайонированию;

для оценки параметров сейсмических колебаний метод спектрального соотношения горизонтальной и вертикальной составляющих микросейсм внедрен в практику Центра передовых технологий (Справка Министерства высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан № 04/17-4/2-162 от 22 февраля 2024 г.). Результаты послужили для изучения свойств грунтовых толщ.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования были обсуждены на 4-х международных и 2-х республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследований.** По теме диссертации опубликовано 13 научных работ. Из них 7 научных статей, 6 тезисов. В научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией для публикации основных научных результатов диссертации опубликовано 4, в том числе 3 в республиканских и 1 – в зарубежных научных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 99 страниц текста.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, его цель и задачи, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Современное состояние проблемы по оценке параметров сейсмических колебаний грунтовой толщи»** приводятся определение параметров сейсмических колебаний грунтовой толщи, методы исследований, позволяющих исследовать строения и свойства грунтовой толщи.

К параметрам сейсмических колебаний грунтовой толщи относят интенсивность, амплитуду, период, частоту, скорость, ускорение колебаний и их максимальные значения, которые в комплексе определяют сейсмические воздействия на инженерные сооружения.

На интенсивность сотрясения грунта во время землетрясений и связанное с этим повреждение сооружений в значительной степени влияют местные геологические и грунтовые условия. Обнаружено, что рыхлые отложения усиливают движение грунта во время землетрясений и следовательно, более подвержены повреждениям от землетрясений, чем более плотные грунты. Современные города, построенные в дисперсных грунтах, особенно уязвимы к повреждениям, вызванным усиленными движениями грунта.

Одним из методов оценки приращения сейсмической интенсивности является метод инженерно-геологических аналогий. Данный метод основывается на совокупности инженерно-геологических исследований после сильных землетрясений. Согласно КМК 2.01.03-19 табл. 1.1 все грунты разделены на три, категории каждой из которых соответствует свое приращение балльности -1, 0 или +1 балл.

Вместе с тем, для анализа особенностей поведения грунтов при сейсмическом воздействии применяется расчетный метод с использованием данных характеристик определенного инженерно-геологического строения исследуемой площадки. При этом могут быть использованы такие параметры как скорости упругих волн, показатели поглощения, мощности грунтовых слоев, их плотности и т.д. При расчетном методе применяются в качестве входного сигнала наборы реальных записей землетрясений участков со схожим строением.

Одним из методов, связывающий упругие параметры грунтовой толщи с сейсмической интенсивностью, является метод сейсмических жесткостей.

Проведённые исследования сейсмического микрорайонирования г. Ташкента 1963-1965 г выявили прямую связь сейсмического эффекта в лёссовых грунтах с их мощностью, и отсутствие влияния обводнения уплотненных аллювиальных отложений на сейсмический эффект.

Исследования С.М. Касымова, С.А. Абдурахманова, К.Ш. Нурмухамедова, Т.С. Валиева и др., проведенные на территории г. Ташкент и Приташкентского региона, показали, что по данным инструментальных исследований грунтовые условия оказывают влияние на спектральные характеристики колебаний грунтовой толщи, приращение балльности имеет тесную связь с мощностью покрывающих лессовых пород и с ростом мощности возрастает и приращение балльности. В зонах распространения аллювиальных отложений приращение балльности варьируется в пределах -1-0. Применение геофизических методов электроразведки и сейсморазведочных исследований позволили изучить строение и упругие свойства покровных рыхлых грунтов и произвести расчеты приращения сейсмической интенсивности по методу сейсмических жесткостей.

Согласно ШНК 1.02.09-15 (приложение Е) к основным геофизическим методам при сейсмическом микрорайонировании относят метод преломленных волн, вертикальное сейсмическое профилирование, гамма-гамма каротаж, регистрация слабых землетрясений, взрывов. Помимо этого, в данном нормативном документе указаны вспомогательные методы такие как регистрация сильных землетрясений, регистрация микросейсм, определение характеристик затухания и поглощения сейсмических волн в грунтах. При этом в мировой практике широко развито применение методов поверхностных волн и пассивной сеймики для изучения строения и упругих свойств грунтовой толщи при решении различных задач, в частности сейсмического микрорайонирования.

Вторая глава диссертации «**Применение методов поверхностных волн для исследования строения и свойств грунтовой толщи**» содержит

информацию о методах поверхностных волн и их применении для решения задач сейсмического микрорайонирования

Метод многоканального анализа поверхностных волн (MASW) основан на регистрации и анализе волн Рэлея и Лява. Волны Рэлея – это поверхностные волны, перемещающиеся вдоль свободной поверхности, такой как граница земля-воздух. Длинноволновые колебания проникают глубже, имеют более высокую фазовую скорость и более чувствительны к упругим свойствам глубоко залегающих слоев, в то время как коротковолновые колебания более чувствительны к приповерхностным слоям, что приводит к дисперсии регистрируемого сейсмического сигнала

Метод спектральных отношений вертикальной и горизонтальной компонент записей микросейсм, известный также как метод H/V или HVSR, представляет собой эффективный инструмент исследования сейсмических свойств грунтовой толщи. Он основан на измерениях колебаний, регистрируемых на поверхности Земли, и широко используется для выявления и оценки эффектов усиления сейсмических волн.

Для оценки достоверности получаемых результатов по методу MASW были проведены сейсморазведочные и электроразведочные работы методами МПВ в модификации сейсмотомографии, ВЭЗ.

В результате, профили  $V_s(z)$  по данным MASW и МПВ имеют схожие характеры и повторяют друг друга (рис. 1). Заметные отличия возникают на глубинах, где наблюдается слабое лучевое покрытие и на разрезах имеющие скоростную инверсию, проявляющаяся на данных MASW.

По данным двух методов была произведена оценка параметра  $V_s30$  (рис.2). График имеет линейный характер при этом по данным МПВ  $V_s30$  имеет большие значения чем по данным MASW что связано работой алгоритмов инверсии и природы метода.

Для анализа сопоставления результатов HVSR и сейсморазведки методом MASW были проведены исследования строительной площадки многоэтажного дома. В литологическом отношении грунты, слагающие площадку расположения строительной площадки представлены лёссовыми грунтами в виде супеси и суглинков, залегающих на галечниках. По данным инженерно-геологического бурения глубиной 5 м были вскрыты асфальт, щебень, насыпные грунты (мощность 1,6 м), суглинки подошва которых не вскрыта.

В результате проведения сейсморазведочных работ были получены профили распространения скоростей P и S волн. В результате интерпретации данных выделяются насыпные грунты со скоростями  $V_p$  475 м/с,  $V_s$  = 226 м/с, суглинки  $V_p$  519-924 м/с,  $V_s$  = 212-554 м/с и галечники  $V_p$  1611 м/с,  $V_s$  = 869 м/с. Диапазон изменений скорости распространения упругих волн для суглинков связан с уплотнением грунтов что проявляется в виде тренда равномерного увеличения скорости пробега упругих волн.

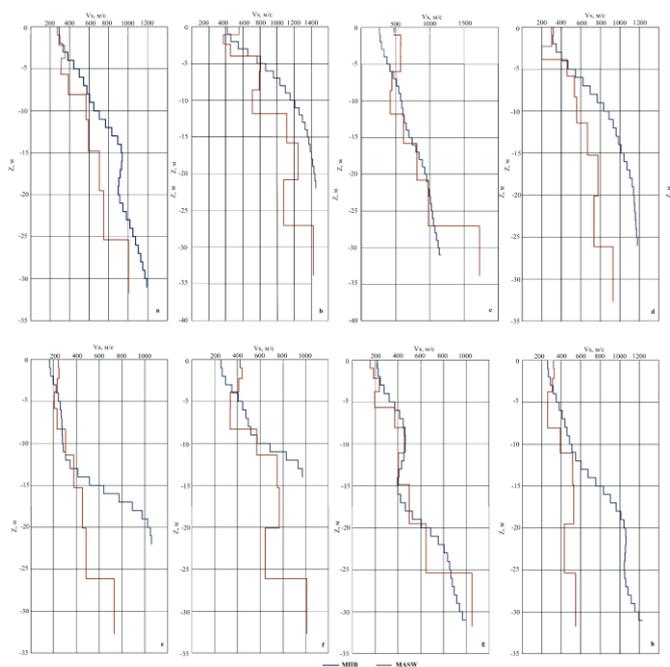


Рис.1. Сопоставление результатов профилей  $V_s(z)$  по данным MASW и МПВ; а-г: точки наблюдений 196, 221, 219, 214, 212, 210, 194, 192

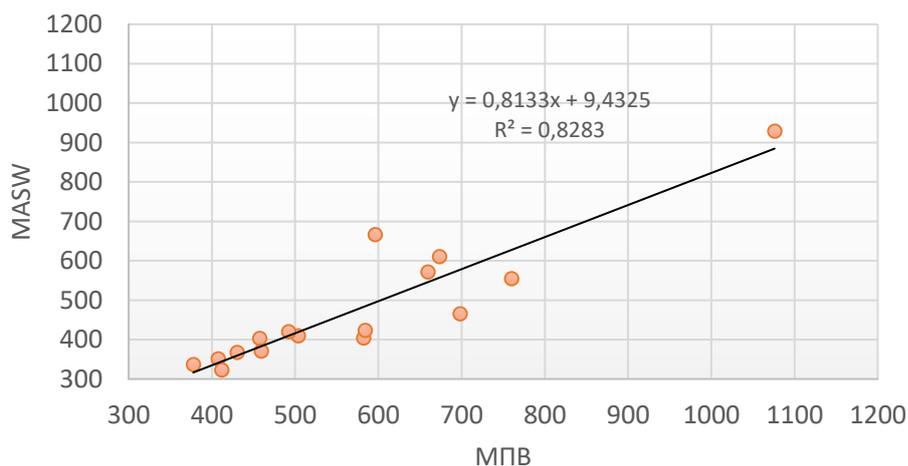


Рис.2. Сравнение  $V_{s30}$  по MASW и МПВ

Методом экстраполяции данных были рассчитаны значения  $V_{s30}$  для данной строительной площадки и составил 534 м/с.

В результате анализа данных записей микросейсма была получена функция  $H/V(f)$ . Пиковому значению  $H/V = 4.5$  соответствует частота  $f_0$  6 Гц, в то время как резонансная частота для 30-метровой грунтовой толщи 4.5 Гц. Данное обстоятельство позволяет судить что отражающая граница с сильным контрастом упругих свойств находится на глубине меньше 30 метров.

Для анализа соответствия данной частоты глубине залегания кровли галечников было рассчитано среднее значение скорости пробега  $S$  волн до глубины залегания кровли галечников, что составило 340 м/с. В результате резонансная частота составила 5.7 Гц, что позволяет судить о том, что полученное пиковое значение  $H/V$  соответствует данной границе.

Для подтверждения было проведено моделирование результатов  $H/V$  по модели, полученной по данным сейморазведочных исследований. В результате моделирования была получена модельная функция  $H/V(f)$  пиковое значение, которой равно 6.5 при частоте  $f_0$  7 Гц.

Для оценки влияния глубины залегания границы и упругих свойств в виде сейсмической жесткости волн выполнено моделирование функций  $H/V$  для моделей двух- и трехслойных моделей среды. Моделирование выполнено в приложении HV-Inv.

Анализ полученных функций  $H/V(f)$  позволяет сделать вывод о том, что мощность и средняя скорость распространения поперечных волн покрывающего слоя оказывают влияние на резонансную частоту, не влияя на амплитуду  $H/V$ . Для получения аналитического выражения зависимости  $H/V$  от контраста сейсмических жесткостей был проведен корреляционно-регрессионный анализ по пиковым значениям  $H/V(f_0)$  от соотношения сейсмических жесткостей  $Ai_1/Ai_0$ . В результате корреляционного регрессионного анализа было получено выражение (1)

$$\frac{Ai_1}{Ai_0} = 0.1534[\lg(H/V(f_0))]^{-1.507}; R^2 = 0.772 \quad (1)$$

где,  $Ai_1$  и  $Ai_0$  – сейсмическая жесткость покрывающего и коренного слоев соответственно,  $H/V(f_0)$  – амплитуда  $H/V$  при резонансной частоте.

Полученное выражение (1) позволяет оценить соотношение сейсмических жесткостей покрывающего и подстилающего его слоев и оценить приращение балльности для исследуемой площадки относительно коренных пород по данным анализа записей микросейсма.

По данным исследуемой строительной площадки, при  $H/V(f_0)=5.6$  по полученному выражению  $Ai_1/Ai_0=0.238$ , тогда  $\Delta I$  по методу сейсмических жесткостей, относительно подстилающего галечника получит значение +0.631 балла по шкале MSK64, по данным полученным в результате сейморазведочных работ сейсмическая жесткость суглинков  $Ai_1= 549.4$  м\*г/с\*см<sup>3</sup>, в то время как сейсмическая жесткость подстилающих галечников  $Ai_0= 1251.34$  м\*г/с\*см<sup>3</sup>, при данных приращение балльности  $\Delta I$  составит 0.597 балла.

Рассмотренные методы были применены при сейсмическом микрорайонировании г. Андижан. Геофизические и инструментальные исследования, проведенные на территории города Андижан, включали в себя сейморазведочные наблюдения методом MASW, регистрация записей слабых землетрясений и метод  $H/V$ .

Геофизические исследования методом MASW были выполнены на 146 профилях протяженностью 46 м, 24-х канальной сейморазведочной станцией с шагом 2 м между пунктами приема. Для регистрации использовались 4,5 Гц вертикальные сеймоприемники. Возбуждение и прием был осуществлено по схеме Z-Z, фланговой системой наблюдений с максимальным и минимальным удалением от линии приема 48 и 2 м.

По полученным глубинно-скоростным моделям можно сделать вывод что суглинкам и супесям соответствуют скорости распространения поперечных волн в диапазоне 200-300 м/с, галечникам соответствуют скорости распространения поперечных волн >400 м/с, что согласуется с данными об инженерно-геологическом строении района исследований. На основе полученных профилей  $V_s(z)$  были рассчитаны значения средней скорости пробега поперечной волны в 30-метровой грунтовой толще и построена карта распределения  $V_s30$  по площади г. Андижан. В случае, когда разрешение по глубине не превышало 30 метров была применена экстраполяция данных средней скорости пробега волны по следующему уравнению (2).

$$\log(V_s(30)) = \log(V_s(z_2)) + \frac{\log(30) - \log(z_2)}{\log(z_2) - \log(z_1)} (\log(V_s(z_2)) - \log(V_s(z_1))) \quad (2)$$

где  $V_s(30)$  средняя скорость пробега волны в 30 метровой грунтовой толще;  $z_1$  и  $z_2$  глубины соотношением  $z_1 < z_2 < 30$  м;  $V_s(z_1)$  и  $V_s(z_2)$  соответствующие глубинам средние скорости пробега поперечной волны.

Совместный анализ полученных карт инженерно-геологического районирования и карты распределения  $V_s30$  позволяет (рис. 3) выделить закономерность уменьшения значения  $V_s30$  с мощностью покрывающих и глубиной залегания галечниковых отложений.

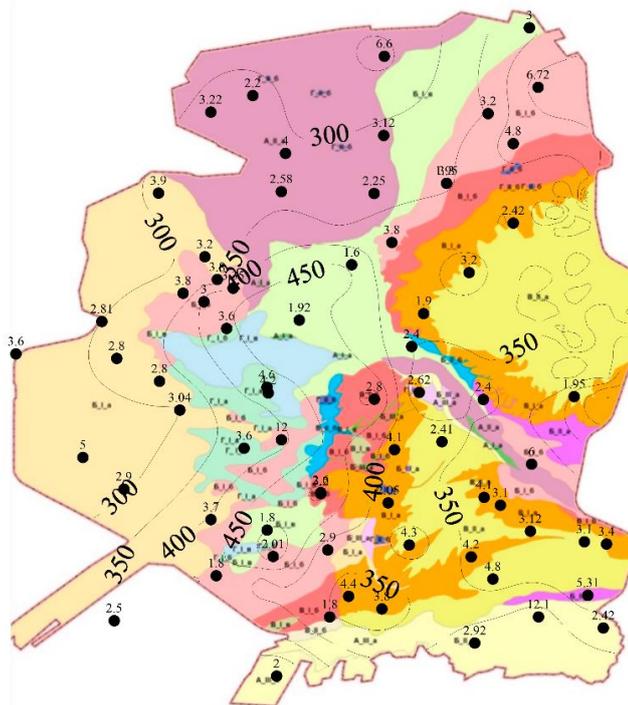


Рис. 3. Карта инженерно-геологического районирования с наложением изолиний  $V_s30$  и результатов по методу регистрации микросейсм (точками отмечены пункты регистрации со значениями  $H/V$ )

Так наибольшие значения  $V_s30$  – 450-500 м/с приходятся на центральную часть города, где залегают лессовидные суглинки и супеси верхнечетвертичного возраста, современные антропогенные насыпные грунты, подстилаемые аллювиальное-пролювиальными отложениями

верхнечетвертичного возраста с глубиной залегания галечников в пределах 1-10,0 м.

С увеличением мощности покрывающего чехла происходит уменьшение  $V_{s30}$ , что ярко выражено в северной и западной частях города, где расположены площади распространения лессовидных суглинков, супесей с маломощными прослоями песков и гравия, мощность покровных отложений более 10,0 м, а глубина залегания кровли галечников отмечается на глубине более 10,0 м. По данным, полученным в результате сейсморазведочных исследований и скважинных данных, были построены кросс-плоты средней плотности и скорости пробега поперечной волны в 30-метровой грунтовой толще для различных инженерно-геологических участков. Анализ диаграмм позволяет выявить зависимость плотности и скорости поперечных волн от инженерно-геологических условий участков, среди факторов влияющих на упругие свойства можно выделить глубину залегания кровли галечников и положения уровня грунтовых вод в дисперсных грунтах. Первый фактор проявляется на обоих анализируемых упругих параметрах в то время, как второй имеет большее влияние на плотность чем на скорость распространения поперечных волн. В результате регрессионного анализа была получена зависимость  $\rho_{30}$  от  $V_{s30}$  с коэффициентом корреляции 0.67 (3).

$$\rho_{30} = 0.5296V_{s30}^{0.1995} \quad (3)$$

где,  $\rho_{30}$  – средняя плотность 30 метровой грунтовой толщи.

Сопоставление результатов геофизических исследований и инструментальных наблюдений по методу слабых землетрясений показывают, что с увеличением скорости  $V_{s30}$  происходит уменьшение приращения балльности. На карте видно, что для станций находящихся внутри изолинии 400 м/с приращение балльности равно нулю или имеет отрицательное значение. За пределами вышеназванной изолинии приращения балльности имеют положительное значения связанное с наличием мощных низкоскоростных толщ лессовидных грунтов.

Результаты, полученные по методу регистрации микросейсм позволяют определить резонансную частоту грунтовой толщи и оценить спектральное отношение вертикальных и горизонтальных компонент записи (H/V). Величина соотношения связана со степенью контраста по упругим свойствам сред, а частота, на которой проявляется данный контраст определяется мощностью и средней скоростью распространения поперечных волн.

На рисунке 4 представлена карта инженерно-геологического районирования с наложением изолиний резонансной частоты 30-метровой грунтовой толщи и результатов по методу регистрации микросейсм, точками отмечены пункты регистрации со значениями  $f_0$ . На данной карте можно отметить некоторую несогласованность результатов H/V и  $V_{s30}$ .

Для понимания причины данной несогласованности была рассчитана карта резонансных частот 30-метровой грунтовой толщи. В результате расчетов получено, что резонансные частоты для 30-метровой толщи для г.

Андижан лежат в диапазоне частот 2-5 Гц, что значительно ниже частотного диапазона, полученного по данным регистрации микросейсм. Наличие более низких частот свидетельствует о наличии контрастной границы грунто- скальная порода на больших глубинах чем 30 м. Решение данной ситуации видится в комплексировании методов для более глубокого изучения строения разреза и его упругих свойств.

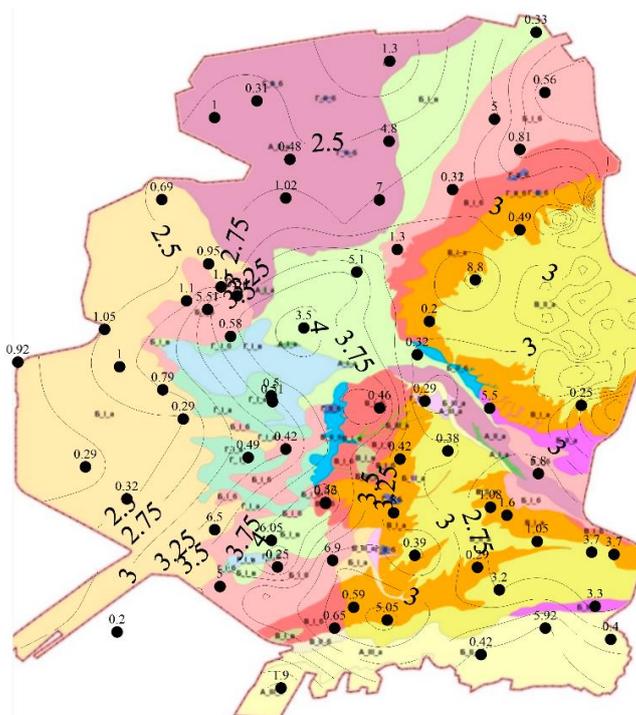


Рис. 4. Карта инженерно-геологического районирования с наложением изолиний резонансной частоты 30-метровой грунтовой толщи и результатов по методу регистрации микросейсм (точками отмечены пункты регистрации со значениями  $f_0$ )

В третьей главе диссертации «Исследование резонансных характеристик грунтовой толщи по данным геофизических исследований» приводятся результаты исследования резонансных характеристик грунтовой толщи.

Резонансные свойства грунтовой толщи — это способность грунтовой толщи усиливать колебания определенной частоты. Эта способность связана с особенностями распространения упругих волн в грунтах.

Методами исследования резонансных характеристик грунтовой толщи являются анализ кривых  $H/V$  или применение расчётных методов на основе данных об упругих свойствах грунтовой толщи.

Исследование резонансных характеристик путем анализа кривых  $H/V$  аналогично ранее описанным процедурам.

Расчетный метод исследования передаточной функции грунтовой толщи основывается на моделировании реакции грунтовой толщи на сейсмическое воздействие. Входными данными являются глубинно-скоростные, -плотностные модели исследуемой площади, а также волновая форма

сейсмического воздействия. Сейсмическое воздействие может быть представлено как записью произошедшего землетрясения или модельного импульса с заданными частотными характеристиками. Применение второго подхода видится более логичным в виду того, что записи землетрясений включают в себя частотные характеристики грунтовой толщи, на которой производились измерения.

В рамках исследований был использован модельный импульс в частотном диапазоне 0,1-100 Гц.

В результате моделирования можно получить запись колебаний на свободной поверхности, отношение спектра которой к исходному спектру позволит получить график усиления колебаний за счет свойств грунтовой тощи, а пики, наблюдаемые на графике, позволят выделить резонансные частоты заданной модели среды. Данные пики в частотном диапазоне соответствуют соотношению  $f_0 = \frac{4H}{V_s}$ , а амплитуда данного пика называется коэффициентом динамичности является отношением спектров результирующего и входного сигнала при заданной частоте. Сопоставляя полученные результаты с данными наблюдений Н/В для заданной точки, можно наблюдать идентичность форм кривых. Наблюдается идентичные пики при частоте 6.5 Гц. При этом на данных Н/В присутствуют максимумы в частотном диапазоне 2-3 Гц которых нет на модельных данных. Данный аспект можно объяснить ограниченностью модели и отсутствии информации о полном строении грунтовой толщи, также на данных Н/В наблюдается рост функции при частотах ниже 1 Гц что может свидетельствовать о наличии контрастной границы на большей глубине чем исследуемая.

По результатам геофизических исследований было произведено численное моделирование реакции грунтовой толщи строительных площадок г. Ташкента на сейсмическое воздействие, выполненное в программном пакете Strata, используя в качестве входного воздействия короткий импульс. В результате моделирования были получены кривые изменения коэффициента динамичности грунтовой толщи.

Полученные результаты (рис. 5) позволяют оценить резонансный эффект при сейсмическом воздействии который во многом зависит от таких параметров как мощность грунтового массива, а также его упругих свойств. Ухудшение упругих свойств грунтового массива при постоянной мощности ведет к тому, что уменьшению резонансной частоты и увеличению коэффициента динамичности, что ведет к увеличению интенсивности сейсмического воздействия.

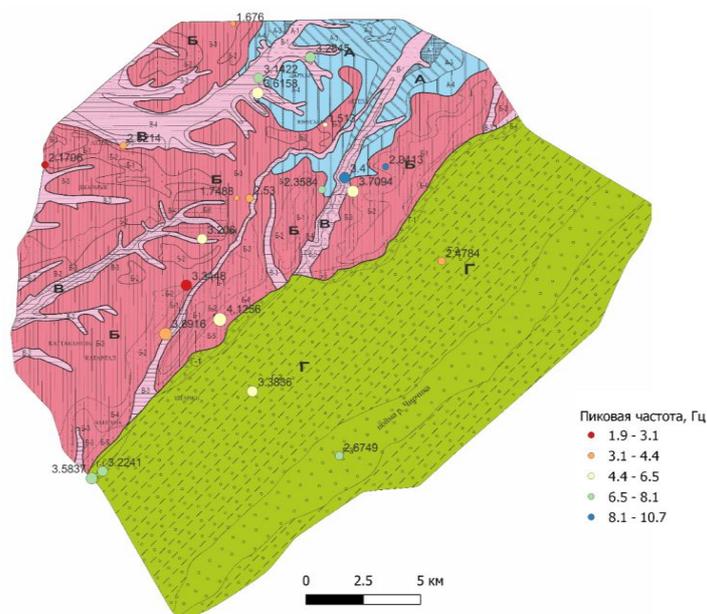


Рис. 5. Пиковые значения амплитуд и соответствующих им частот на исследуемых точках

В четвертой главе диссертации «**Оценка сейсмических воздействий на свободной поверхности г. Андижан**» представлена оценка сейсмических воздействий на свободной поверхности расчетным методом

Одним из конечных этапов сейсмического микрорайонирования является оценка сейсмических воздействий на свободной поверхности.

Исходными данными для произведения расчетов сейсмических воздействий является модель сейсмогеологических условий и исходных колебаний, пропускаемое через данную модель.

Обобщенная сейсмогеологическая модель для проведения расчетов на основании инженерно-геологических и сейсморазведочных данных (профили MASW). Всего было построено 70 моделей грунтовой толщи.

Расчётные методы позволяют определить амплитудно-частотные характеристики слоистой грунтовой толщи и, соответственно, изменённые слоистой средой характеристики колебаний на свободной поверхности площадки или во внутренних точках среды.

Для проведения расчетов по этому методу необходимо определить исходное сейсмическое воздействие, заданное акселерограммой и/или спектром реакции, и построить сейсмогеологические модели грунтовой толщи. Для этого были подобраны акселерограммы землетрясений, которые по своему механизму (сбросные и взбросовые) и по природе распространения сейсмических волн соответствуют сейсмологическим условиям территории Республики Узбекистан.

В качестве входных воздействий использована нормализованная акселерограмма 2020/11/06 07:38:57.000. PGA – 0,38g. M=5.0. H=5 км. Широта 40.16, Долгота 71.72, сейсмическая станция SKHM

Акселерограммы были нормализованы и приведены к значению ускорения, соответствующего ускорению грунтов первой категории,

распространенных на территории города Андижана на глубинах 300 м., которые представлены глинами-конгломератами.

Данные о геологическом строении и физических свойствах грунтов являются исходными данными для проведения моделирования реакции грунта на сейсмическое воздействие. В основе такого моделирования лежит метод тонкого слоя, а также метод конечных элементов. Данное моделирование позволяет учесть резонансные свойства грунтовой толщи и оценить влияние грунтовых условий на амплитуду, частотный спектр и продолжительность колебаний. На основании подобного подхода были разработаны сейсмогеологические модели, при разработке которых использованы результаты сейсморазведки, т.е. изменения  $V_{s30}$  в пространстве.

Спектры реакции грунтовой толщи позволяют проанализировать изменение реакции грунта на воздействие в различных спектральных диапазонах, наименьшее изменение наблюдается для точки 10. Наибольшее усиление реакции грунтовой толщи наблюдается в диапазоне периодов сотрясений 0,11 – 0,5 с что соответствует 1-2 Гц. В результате моделирования были рассчитаны графики изменения пикового ускорения и спектра реакции грунтов с глубиной. Так, пиковое значение ускорения на дневной поверхности для представленных точек составляет 0,55g и 0,28g соответственно. На всех профилях наблюдается тренд на уменьшение пикового ускорения до уровня коренных пород 0,28 g.

В результате интерполяции пиковых ускорений по данным моделирования землетрясения для всех 70 точек, была построена карта сейсмического микрорайонирования территории г.Андижана расчётным методом по значениям пиковых ускорений при исходной сейсмичности в значении пикового ускорения 0,301g соответственно (рис. 6).

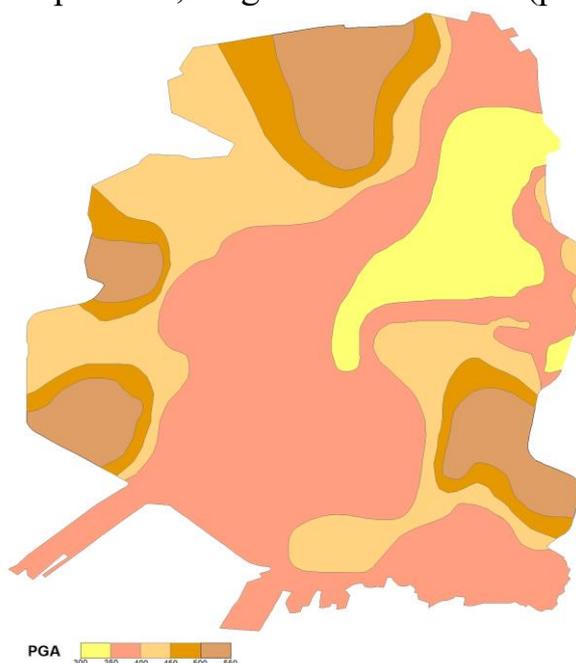


Рис.6. Карта сейсмического микрорайонирования территории г. Андижана по значениям пикового ускорения (PGA)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе выполненных исследований по данной диссертационной работы, сделаны следующие выводы:

1. Результаты методов MASW и МПВ показали идентичные результаты при оценке параметра  $V_{s30}$ , но при возникновении инверсии скоростей в разрезе выявлено что разрешаемая глубина по МПВ значительно падает.

2. На основе анализа функций  $H/V(f)$  для пяти моделей при постоянной мощности покрывающего слоя получена прямая зависимость между сейсмической жесткостью и амплитудой пиковых значений  $H/V(f)$ . Полученное выражение позволяет оценить приращение балльности для исследуемой площадки относительно коренных пород по данным анализа записей микросейсм.

3. На основе метода MASW установлено, что значения  $V_{s30}$  для грунтовых толщ, распространённых на территории г. Андижана, изменяются от 300 до 550 м/с, а значение  $V_{s30}$  тесно связано с мощностью лёсса, покрывающего галечниковые отложения. Результаты позволили разработать карту городской территории  $V_{s30}$ .

4. В результате инструментальных исследований установлено, что значения приращения сейсмической интенсивности обратно пропорциональны значениям  $V_{s30}$ . Такая связь объясняется влиянием характеристик слоев грунта на сейсмическую интенсивность.

5. Оценка реакции модели грунтовой толщи на сейсмическое воздействие позволило определить частотную характеристику грунтовой толщи строительных площадок города Ташкент. Полученные результаты были подтверждены данными  $H/V$ .

6. Применение грунтовых моделей при сейсмическом микрорайонировании позволяет оценить сейсмическое воздействие на поверхности, используя синтетические акселерограммы сейсмического воздействия. Такой подход позволил учесть все аспекты влияния грунтовой толщи на сейсмическое воздействие.

7. На основании сравнения  $V_{s30}$  и пиковых ускорений г. Андижана установлено, что они обратно пропорциональны. В центральной и восточной части города минимальным значениям пиковых ускорений соответствуют наибольшие значения  $V_{s30}$ .

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.02/30.12.2019.GM/FM.97.01 AT INSTITUTE OF SEISMOLOGY  
INSTITUTE OF SEISMOLOGY**

**MAMAROZIKOV TIMUR UMARJONOVICH**

**ASSESSMENT OF PARAMETERS OF SEISMIC VIBRATIONS IN SOIL  
STRATA DURING SEISMIC MICROZONING BY GEOPHYSICAL  
METHODS**

**04.00.06 – Geophysics. Geophysical methods of mineral prospecting**

**ABSTRACT**

**of the dissertation of doctor of philosophy (PhD) in geological and mineralogical sciences**

**Tashkent-2024**

The theme dissertation of the doctor philosophy (PhD) registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of higher education, science and innovations of the Republic of Uzbekistan under number B2023.4 PhD/GM207.

The dissertation has been prepared at the Institute of Seismology.

The abstract of the dissertation is posted in three (Uzbek, Russian, English) languages on the website of the Scientific council ([www.seismos.uz](http://www.seismos.uz)) and on the website of «ZiyoNet» information and educational portal ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Scientific adviser:**

**Ismailov Vakhitkhan Alikhanovich**

Doctor of Geological and Mineralogical sciences,  
professor

**Official opponents:**

**Radjabov Shuxrat Sayfullayevich**

Doctor of Geological and Mineralogical sciences

**Nurtaev Bakhtier Sayfullaevich**

Candidate of Physical and Mathematical sciences

**Leading organization:**

**Institute of hydrogeology and engineering geology**

The defense will take place «31» July, 2024 at 10:00 the meeting of the Scientific council DSc.02/30.12.2019.GM/FM.97.01 at Institute of Seismology (Address: 100128, Tashkent city, Zulfiyakhonim street, 3. Ph.: +99871 241-51-70; +99871 241-74-98; E-mail: [seismologiya@mail.ru](mailto:seismologiya@mail.ru)).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Center of the Institute of Seismology (is registered under №1154) (Address: 100128, Tashkent city, Zulfiyakhonim street, 3. Ph.: +99871 241-51-70).

The abstract of the dissertation is distributed on «5» July 2024.  
(register of this distributed protocol from №14 dated «5» July 2024)



**S.Kh. Maksudov**

Chairman of Scientific council on awarding  
of scientific degrees, doctor of physical and  
mathematical sciences, professor

**Z.F. Shukurov**

Scientific secretary of Scientific council awarding  
scientific degrees, doctor of philosophy

**A.I. Tuychiev**

Chairman of Scientific seminar at Scientific  
council on awarding of scientific degrees, doctor  
of physical and mathematical sciences

## **INTRODUCTION (abstract of Doctor of Philosophy (PhD) dissertation)**

**The aim of the research work** consists in the use of geophysical methods to estimate the parameters of seismic vibrations of the soil strata.

**The objects of the research work** soil strata that form the basis for buildings and structures in the cities of Andijan and Tashkent.

### **Scientific novelty of the research work is**

a methodology has been developed for express assessment of the average density values of a 30-meter soil layer based on seismic survey data using the MASW method;

the effectiveness of using the MASW method in solving problems of seismic microzoning of urban areas was assessed;

a technique has been developed for determining frequency properties based on numerical modeling of the response of soil strata to pulse impacts;

the effectiveness of using the method of spectral ratios of the vertical and horizontal components of microseisms (HVSr) to study the properties of the soil mass in determining the parameters of seismic vibrations was assessed.

### **Implementation of research results**

Based on scientific results obtained during the assessment of the parameters of seismic vibrations of soil strata using geophysical methods:

the methodology for express assessment of the average density values of a 30-meter soil layer based on data from the MASW method has been introduced into the practice of the Center for Advanced Technologies (Certificate of the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan No. 04/17-4/ 2-162 of February 22, 2024). The results served to assess the physical and mechanical properties of the study areas;

to solve the problems of seismic microzoning of urban areas, the MASW method has been introduced into the practice of the Center for Advanced Technologies (Certificate of the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan No. 04/17-4/2-162 dated February 22, 2024). The results of applying the method made it possible to optimize geophysical research;

the developed methodology based on numerical modeling of the reaction of soil strata to impulse impact has been introduced into the practice of the Center for Advanced Technologies (Certificate of the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan No. 04/17-4/2-162 dated 22 February 2024). The results obtained made it possible to study the frequency characteristics of soil strata during seismic microzoning work;

to assess the parameters of seismic vibrations, the method of the spectral ratio of the horizontal and vertical components of microseisms has been introduced into the practice of the Center for Advanced Technologies (Certificate of the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan No. 04/17-4/2-162 dated 22 February 2024). The results served to study the properties of soil strata.

**The structure and volume of the dissertation.** The thesis consists of introduction, four chapters, conclusions, and a list of used literature. The volume to thesis's forms 99 pages of the text.

**E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I bo'lim (I часть; part I)**

1. Ismailov V.A., Yodgorov Sh.I., Allayev Sh.B., Mamarozikov T.U., Avazov Sh.B. Seismic microzoning of the Tashkent territory based on calculation methods // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2022. pp. 105-113. Doi:10.1016/j.soildyn.2021.107045. Impact factor 4,25.
2. Ismailov V.A., Yodgorov Sh.I., Aktamov B.U., Yadigarov E.M., Mamarozikov T.U., Avazov Sh.B. Farg'ona vodiysi hududidagi turar joy binolarining seysmik zaifligini baholash usullari // Toshkent arxitektura qurilish instituti dizayn jurnal. 2022. № 2. 168-174 b. (05.00.00; №4)
3. Yadigarov E.M., Mamarozikov T.U., Aktamov B.U., Bozorov J., Xusomitdinov A., Normatova N. Qurilish maydonlarida injener-geologik va geofizik tadqiqotlar // O'zbekiston milliy universiteti xabarlari. 2022. № 3/2. 355-357 b. (04.00.00; №7)
4. Ибрагимов А.Х., Мамарозиков Т.У. Определение Vs30 методом Накамуры (HVSR) // Проблемы сейсмологии. 2023. Том 5. № 2. С. 46-50. (04.00.00)

**II bo'lim (II часть; part II)**

1. Mamarozikov T.U. Zakirov A.Sh. Yanbukhtin I.R., Alimukhamedov I.M. Determination of physical, mechanical, and electrical properties of soils according to engineering geophysical surveys // Analli d'Italia. 2020. Vol 2. №9. pp.5-11.
2. Ядигаров Э.М., Мамарозиков Т.У., Ёдгоров Ш.И., Хусомиддинов А.С., Авазов Ш.Б. Оценка изменения пикового ускорения землетресений с глубиной, по данным моделирования реакции грунтового слоя на сейсмическое воздействие // Проблемы сейсмологии. 2021. № 2. С. 91-96.
3. Янбухтин И.Р., Алимухамедов И.М., Закиров А.Ш., Мамарозиков Т.У., Мусаев У.Т., Орипов Н.К., Ибрагимов А.Х., Юлдашев Э.Ш., Мажидов Ж.Р., Исламов Х.А. Сейсмометрия и электротомография при оценке степени сейсмической устойчивости грунта // Проблемы сейсмологии. 2021. Том 3. №2. С.83-90.
4. Мамарозиков Т.У., Ядигаров Э.М., Чакконова С.А. О физических свойствах аллювиальных отложений долины р.Чирчик по данным комплексных геофизических исследований // O'zbekiston Respublikasi aholisi va hududining seysmik xavfsizligini ta'minlash muammolari Respublika miqyosidagi ilmiy va ilmiy-texnik anjuman. 20-21 sentabr 2021 yil. Toshkent shahri. Toshkent: O'zR FA SI 2021. 132-136 b.
5. Мамарозиков Т.У., Закиров А.Ш., Янбухтин И.Р., Алимухамедов И.М., Мусаев У.Т., Орипов Н.К. Комплексирование геофизических методов с целью изучения верхней части разреза на примере предгорья Писталитау //

Республиканская научно-техническая конференция «Интеграция науки, образования и производства - важнейший фактор инвестиционных проектов нефтегазовой отрасли» г. Ташкент, 01 ноября 2019 г. / Материалы конференции. Ташкент: Филиал РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина в г. Ташкенте. 2019. С. 393-398.

6. Мамарозиков Т.У. Оценка резонансных эффектов при сейсмическом микрорайонировании // Международная научная конференция “Актуальные проблемы обеспечения сейсмической безопасности населения и территорий”, посвященной 80-летию Академии наук Республики Узбекистан. г. Ташкент 3-4 октября 2023 г. / Сборник докладов. Ташкент: ИС АН РУз. 2023. С. 214-217.

7. Ядигаров Э.М., Мамарозиков Т.У., Авазов Ш.Б. Оценка  $V_{s30}$  города Наманган для решения задач сейсмического микрорайонирования // Международная научная конференция “Актуальные проблемы обеспечения сейсмической безопасности населения и территорий”, посвященной 80-летию Академии наук Республики Узбекистан. г. Ташкент 03-04 октября 2023 г. / Сборник докладов. Ташкент: ИС АН РУз. 2023. С. 308-314.

8. Рахматов А.Р., Мамарозиков Т.У., Ядигаров Э.М., Ибрагимов А.Х. Комплексирование методов определения  $V_{s30}$  // Международная научная конференция “Актуальные проблемы обеспечения сейсмической безопасности населения и территорий”, посвященной 80-летию Академии наук Республики Узбекистан. г. Ташкент 3-4 октября 2023 г. / Сборник докладов. Ташкент: ИС АН РУз. 2023. С. 240-245.

9. Мамарозиков Т.У. Определение  $V_{s30}$  по данным многоканального анализа поверхностных волн территории массива «Янги Андиджон», Узбекистан // Форум молодых ученых государств-участников СНГ "Наука без границ". г. Нижний Новгород, 01–04 ноября 2022 г. / Сборник материалов Том 1. – М: "Центр научно-технических решений" (АНО ЦНТР), 2023. С. 110-111.

Avtoreferat «Seysmologiya muammolari» jurnali tahririyatida tahrirdan o'tkazilib,  
o'zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o'zaro muvofiqlashtirildi

Bosishga ruxsat etildi: 04.07.2024 yil  
Bichimi: 60x84<sup>1/16</sup>, «Times New Roman»  
garniturada raqamli bosma usulda bosildi.  
Shartli bosma tabog'i 3,25. Adadi 100. Buyurtma: № 5  
“Innovation rivojlanish nashriyot-matba uyi”  
bosmaxonasida chop etildi.  
100174, Toshkent sh., Olmazor tumani, Universitet ko'chasi, 7 uy.