



UDK:550.841

Aziz AVAZOV,

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

E-mail: azizbekavazov788@gmail.com, ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0003-1321-7081>

Sharofiddin YODGOROV,

PhD, O'zR FA G'.O. Mavlonov nomidagi Seysmologiya instituti laboratoriya mudiri, Toshkent, O'zbekiston

E-mail: eldoradigarov@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2305-279X>

Asilbek RAHMATOV,

PhD, katta ilmiy xodim, O'zR FA G'.O. Mavlonov nomidagi Seysmologiya instituti, Toshkent, O'zbekiston

e-mail: asilbekrahmatov3@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0009-0003-3065-1824>

Musurmonqul QODIROV,

Katta ilmiy xodim, O'zR FA G'.O. Mavlonov nomidagi Seysmologiya instituti Toshkent, O'zbekiston

E-mail: musulmonqodirov69@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0009-0005-9457-5482>

PhD B. Meliboyev taqrizi asosida

FARG'ONA SHAHRI HUDUDINING MUHANDIS-SEYSMOLOGIK XUSUSIYATLARI

Annotatsiya

Ushbu maqolada Farg'ona shahri hududida olib borilgan muhandis-seysmologik tadqiqotlar natijalari bayon etilgan. Tadqiqot davomida hududning muhandis-geologik va muhandis-seysmologik sharoitlari, grunt qatlamlarining litologik tarkibi hamda ularning dinamik xususiyatlari kompleks baholandi. Seysmorazvedka ma'lumotlari asosida grunt qatlamlarida ko'ndalang seysmik to'lqinlarning tarqalish tezliklari aniqlanib, 30 m chuqurlikkacha bo'lgan qatlamlar uchun o'rtacha Vs30 qiymatlari hisoblandi. Shuningdek, HVSR usuli yordamida gruntlarning rezonans xususiyatlari va seysmik tebranishlarni kuchaytirish darajasi baholandi. Olingan natijalar seysmik mikrorayonlashtirish, gruntlarni seysmik jihatdan tasniflash hamda shahar hududida qurilish obyektlarining seysmik xavfsizligini ta'minlashda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar. Farg'ona shahri, seysmik mikrorayonlashtirish, seysmorazvedka, Vs30, HVSR, grunlar, rezonans chastotasi, muhandis-seysmologik sharoit.

ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ФЕРГАНЫ

Аннотация

В данной статье изложены результаты инженерно-сейсмологических исследований, проведенных на территории города Ферганы. В ходе исследования были комплексно оценены инженерно-геологические и инженерно-сейсмологические условия территории, литологический состав слоев грунта и их динамические характеристики. На основе данных сейсморазведки определены скорости распространения поперечных сейсмических волн в слоях грунта и рассчитаны средние значения Vs30 для слоев до глубины 30 м. Также с помощью метода HVSR были оценены резонансные свойства грунтов и степень усиления сейсмических колебаний. Полученные результаты имеют важное научно-практическое значение при сейсмическом микрозонировании, сейсмической классификации грунтов и обеспечении сейсмической безопасности строительных объектов на территории города.

Ключевые слова. Город Фергана, сейсмическое микрозонирование, сейсморазведка, Vs30, HVSR, грунты, резонансная частота, инженерно-сейсмологические условия.

ENGINEERING-SEISMOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE TERRITORY OF FERGANA CITY

Annotation

This article presents the results of engineering-seismological studies conducted in the territory of Fergana city. During the research, a comprehensive assessment was made of the area's engineering-geological and engineering-seismological conditions, the lithological composition of the soil layers, and their dynamic properties. Based on seismic survey data, the propagation velocities of shear seismic waves in the soil layers were determined, and average Vs30 values were calculated for layers up to a depth of 30 m. Additionally, the resonance properties of the soils and their seismic vibration amplification levels were evaluated using the HVSR method.

The results obtained are of great scientific and practical importance for seismic microzoning, seismic classification of soils, and ensuring the seismic safety of construction projects in urban areas.

Keywords. Fergana city, seismic microzoning, seismic exploration, Vs30, HVSR, soils, resonance frequency, engineering-seismological conditions.

Kirish. Farg'ona shahri seysmik faol hududda joylashgan bo'lib, tarixiy davrlardan buyon bu yerda kuchli va talafotli zilzilalar kuzatilgan. So'nggi yillarda shaharda aholi sonining ortishi, shahar hududining kengayishi va yangi qurilish maydonlarining o'zlashtirilishi seysmik xavfsizlik masalalarini zamonaviy yondashuvlar asosida qayta ko'rib chiqishni talab etmoqda.

Tadqiqot doirasida Farg'ona shahri hududi bo'yicha 65 ta seysmorazvedka hamda 60 ta HVSR kuzatuv nuqtalarida o'rganish ishlari olib borildi.

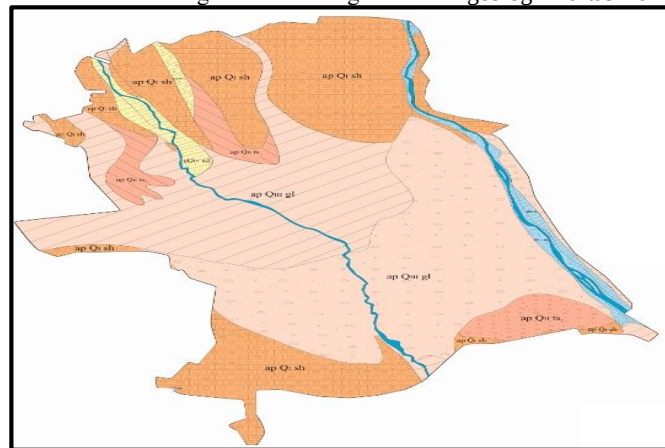
Tadqiqotning maqsadi Farg'ona shahri hududida grunt qatlamlarining dinamik xususiyatlarini aniqlash, Vs30 va rezonans parametrlarini baholash hamda ularning seysmik mikrorayonlashtirishdagi ahamiyatini ko'rsatishdan iborat.

Hozirgi kunda Farg'ona shahri hududida aholi sonining ortishi bilan uy-joyga bo'lgan talab ham sezilarli darajada oshib bormoqda. Bu esa, o'z navbatida, shahar hududining kengayishi va ko'p qavatli bino-inshootlar qurilishining jadallashuviga olib kelmoqda. Mazkur sharoitda qurilish ishlarining seysmik xavfsizligini ta'minlash maqsadida zamonaviy muhandis-seysmologik va geofizik tadqiqotlarga asoslangan holda seysmik mikrorayonlashtirish ishlarini amalga oshirish zarur hisoblanadi. Ma'lumki, Farg'ona shahrida seysmik mikrorayonlashtirish ishlari oxirgi marta 1978-yilda amalga oshirilgan. O'sha davrda bajarilgan muhandis-seysmologik va geofizik tadqiqotlar natijalariga asoslanib tuzilgan seysmik mikrorayonlashtirish xaritasida shahar hududi 8-9 balli seysmik zonalarga ajratilgan [1]. Amaldagi seysmik mikrorayonlashtirish xaritasining hududning hozirgi urbanistik rivojlanish darajasi hamda zamonaviy normativ-texnik talablarni to'liq aks ettirmasligi uni qayta ishlab chiqish va aniqlashtirish zaruratini yuzaga keltirdi. Shu asosda 2022-yilda Farg'ona shahri hududi uchun yangilangan seysmik mikrorayonlashtirish xaritasi ishlab chiqildi.

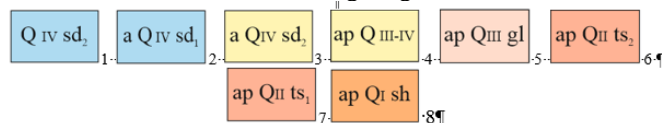
Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. Geofizik usullardan seysmorazvedka tadqiqotlari dastlab XX asr boshlarida shakllangan bo'lib, uning rivojlanishida bir necha olimlar muhim rol o'ynagan. Ludger Mintrop (Lyudvig Mintrop) 1910–1917-yillar Mintrop seysmik to'lqinlarning qatlamlarda sinishi (refraksiya) hodisasiga asoslangan birinchi amaliy seysmorazvedka usulini taklif etgan va maxsus seysmik qabul qiluvchi asboblari (seysmograf tizimi)ni ishlab chiqqan [2]. Keyinchalik bu yondashuv grunt qatlamlari tuzilishi va seysmik xossalari aniqlashda muhim ahamiyatga aylandi. Zamonaviy muhandis-seysmologik tadqiqotlarda esa 30 m chuqurlikkacha bo'lgan qatlamlarning o'rtacha ko'ndalang to'lqin tezligi - Vs30 - gruntlarni seysmik jihatdan tasniflashning asosiy ko'rsatkichlaridan biri sifatida qaraladi. Makroseysmik kuzatuvlari asosidagi HVSR usuli esa gruntlarning ustun rezonans chastotasini va nisbiy kuchayish xususiyatlarini baholash imkonini beradi. Ushbu usul Y. Nakamura tomonidan taklif etilgan bo'lib, keyinchalik turli mamlakatlarda seysmik mikrohududlashtirish va geotexnik xavflarni baholashda keng qo'llanildi [3].

Tadqiqot metodologiyasi. Farg'ona shahri hududi turli yoshdagi allyuvial-prolyuvial yotqiziqlarning keng tarqalganligi bilan tavsiflanadi. Ushbu yotqiziqlar hududning muhandis-seysmologik sharoitlarining fazoviy differensiallanishida muhim rol o'ynaydi, chunki ularning litologik tarkibi va zichligi seysmik to'lqinlar tezligiga bevosita ta'sir qiladi. Tadqiqot hududida asosan So'x majmuasi, yuqori Toshkent kichik kompleksi va Mirzacho'l kompleksi yotqiziqlari rivojlangan bo'lib, ular muhandis-geologik muhitning asosiy tarkibiy qismlarini tashkil etadi. Litologik jihatdan mazkur majmua konglomeratlar, gravellitlar, qumto'shlar, mergellar va gil jinslaridan iborat [4].

Hududning muhandis-geologik sharoitlarini hisobga olish Farg'ona shahri uchun seysmik mikrorayonlashtirish ishlarining muhim ilmiy asosini tashkil etadi. Shu asosda Farg'ona shahrining muhandis-geologik kartasi ham yangilandi (1-rasm).



1-rasm. Muhandis-geologik xaritasi

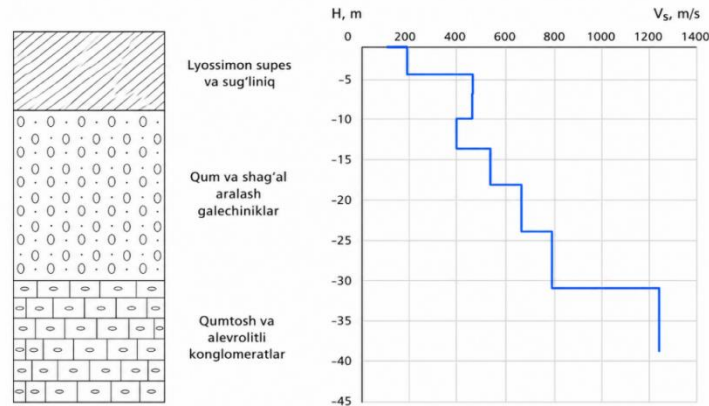


1 - Zamonaviy O'rta Sirdaryo kichik majmuasi; 2 - Zamonaviy Quyi Sirdaryo allyuvial kichik majmuasi; 3 - Zamonaviy O'rta Sirdaryo allyuvial kichik majmuasi; 4 - Ajratilmagan yuqori to'rtlamchi va zamonaviy allyuvial-prolyuvial yotqiziqlar; 5 - Yuqori to'rtlamchi allyuvial-prolyuvial Mirzacho'l majmuasi; 6 - O'rta to'rtlamchi allyuvial-prolyuvial yuqori Toshkent kichik majmuasi; 7 - O'rta to'rtlamchi allyuvial-prolyuvial quyi Toshkent kichik majmuasi; 8 - Quyi to'rtlamchi allyuvial-prolyuvial So'x majmuasi

So'x qatlamlarining maksimal qalinligi 100 m dan ortiq bo'lib, ular neogen davri cho'kindilari ustida yotadi. Ayrim uchastkalarda konglomeratlar yer yuzasida qisman nuragan holda uchraydi, nurash chuqurligi odatda 0,5-1,0 m ni tashkil etadi. Hududda o'tkazilgan seysmik mikrorayonlashtirish tadqiqotlari muhandis-seysmologik sharoitlarning seysmik tebranishlar shakllanishi va tarqalishiga ta'sirini miqdoriy baholashga qaratiladi. Bunda grunt qatlamlarining litologik tarkibi, fizik-mexanik va dinamik xususiyatlari va boshqa geodinamik omillar kompleks tahlil qilindi. Tadqiqotlar GOST 34511-2018 talablari asosida bajarilib, hudud bo'yicha seysmik intensivlikning fazoviy o'zgarishi hamda grunt muhitining asosiy dinamik parametrlari baholandi. Jumladan, seysmik tebranishlarning cho'qqi tezlanishi (PGA), amplituda-spektral xususiyatlari, reaksiyaviy spektrlari va davomiyligi aniqlanib, ularning qurilish konstruksiyalariga ta'siri baholanadi [5].

Natijada seysmik mikrorayonlashtirish hududni seysmik jihatdan bir jinsli maydonlarga ajratish, gruntlarning seysmik xususiyatlarini aniqlash hamda bino-inshootlarni loyihalashda ishonchli seysmik hisob-kitoblar uchun zarur bo'lgan muhandis-seysmologik asosni yaratishga xizmat qiladi. Ushbu yondashuv seysmik xavfsizlikni ta'minlash, risklarini kamaytirish va shahar

hududlarini barqaror rivojlantirishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Quyidagi rasmda to'liqlarning qatlamlararo tarqalishi



keltirilgan.

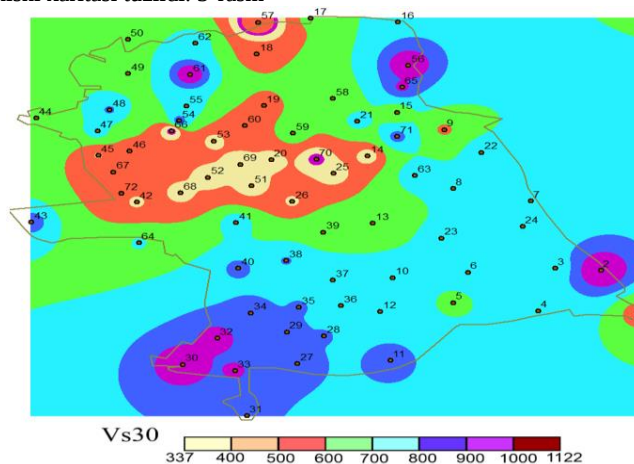
2-rasm. Chuqurlik bo'yicha to'liqin tarqalishi

Ko'ndalang to'liqlar tezligining (V_s) chuqurlik bo'yicha o'zgarishi grunt qatlamlarining litologik tarkibi va zichlanish darajasiga mos ravishda bosqichma-bosqich ortib borishi bilan tavsiflanadi. Kesmaning yuqori qismida joylashgan lyosimon supes va suglinok qatlamlarida V_s qiymatlarining nisbatan pastligi ushbu qatlamlarning tuzilishi, yuqori g'ovakligi hamda past zichlanish darajasi bilan izohlanadi. Chuqurlik ortishi bilan qum-shag'al aralash galechnikli qatlamlarga o'tilganda V_s qiymatlari sezilarli darajada oshadi, bu esa donador tarkibning yiriklashuvi, qatlam mustahkamligining ortishi va elastik xossalarning yaxshilanishi bilan bog'liq. Kesmaning quyi qismida joylashgan qumtosh va alevrolitli konglomeratlarda esa V_s ning eng yuqori qiymatlari qayd etilib, bu qatlamlarning yuqori darajada sementlashgan, zich va mustahkam geologik muhit ekanligini ko'rsatadi. Umuman, V_s ning chuqurlik bo'yicha ortib borishi yumshoq ustki qatlamlardan zich va qattiq jinslarga o'tishni aks ettiradi hamda maydonning muhandis-seysmologik xossalarini baholashda muhim ko'rsatkich hisoblanadi.

Tahlil va natijalar. Tadqiqotlarning asosiy maqsadi muhandis-seysmologik muhitning yuqori qismida tarqaluvchi ko'ndalang seysmik to'liqlarning o'rtacha tarqalish tezligi - V_{s30} ni aniqlash va uning hudud bo'yicha fazoviy o'zgaruvchanligini baholashdan iborat bo'ldi. Ushbu parametr grunt qatlamlarining dinamik xususiyatlarini, seysmik ta'sirning kuchayish darajasini hamda hududning muhandis-seysmologik sharoitini ilmiy asosda tavsiflash imkonini beradi. Nuqtaviy kuzatuvlar va hisob-kitoblar asosida tadqiqot maydoni uchun V_{s30} qiymatlari aniqlanib, ularning hududiy taqsimoti tahlil qilindi. Hisoblash natijalariga ko'ra, tadqiqot hududida V_{s30} qiymatlari **338-1122 m/s** oralig'ida o'zgarishi aniqlandi. Olingan ma'lumotlar asosida hudud ko'ndalang seysmik to'liqlarning tarqalish tezligi bo'yicha shartli ravishda uchta zonaga ajratildi. Maydonning katta qismi **700-800 m/s** diapazondagi o'rtacha qiymatlar bilan tavsiflanadi. **800-1122 m/s** diapazondagi yuqori V_{s30} qiymatlari, asosan, hududning janubi-g'arbiy va janubi-sharqiy qismlarida, shuningdek ayrim shimoli-sharqiy va shimoli-g'arbiy uchastkalarda kuzatildi.

Tadqiqotlarda seysmorazvedka va HVSР usullari qo'llanildi. Seysmorazvedka kuzatuvlari MAEX820-S seriyali qurilma yordamida, mikrotremor kuzatuvlari esa CMG-6TD uch komponentli keng polosali velosimetrlar yordamida bajarildi.

Seysmorazvedka va HVSР usullari natijalarini kompleks tahlil qilib grunt qatlamlarining dinamik xususiyatlarini yanada aniqroq baholash imkonini berdi. Seysmorazvedka asosida olingan V_s tezlik modellari HVSР usuli orqali aniqlangan rezonans chastotalari bilan solishtirildi. Natijada past V_s qiymatlariga ega hududlarda yuqori amplitudali rezonans kuzatilishi aniqlandi, bu esa seysmik tebranishlarning kuchayish zonalarini aniqlash imkonini berdi. Ushbu natijalar asosida hududning integrallashgan V_{s30} qiymatlarining taqsimlanishi xaritasi tuzildi. 3-rasm



3-rasm. "Farg'ona shahrining V_{s30} qiymatlarining taqsimlanishi xaritasi"

Seysmorazvedka ma'lumotlari asosida grunt qatlamlarida ko'ndalang seysmik to'liqlarning tarqalish tezliklari aniqlanib, ularning chuqurlik bo'yicha o'zgarishi tahlil qilindi. Olingan qatlamiy model asosida 30 m chuqurlikkacha bo'lgan grunt qatlamlari uchun V_{s30} ko'rsatkichlari hisoblandi. V_{s30} quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{si}}}$$

bu yerda h_i - i-qatlam qalinligi, m; V_{si} - shu qatlamdagi S-to'liq tezligi, m/s.

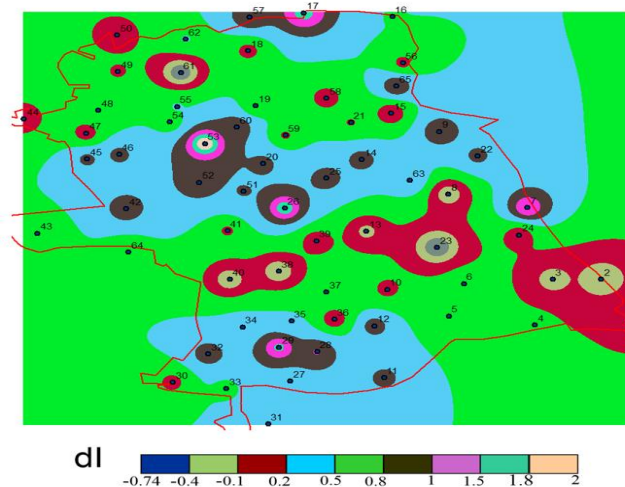
Tadqiqot maydonining shimoliy, sharqiy, g'arbiy hamda markaziy qismlarida ko'ndalang seysmik to'liqlarning tarqalish tezligi **438-700 m/s** diapazonda kuzatildi.

Instrumental tadqiqot HVSR usuli Nakamura (Nakamura Y.A, 1989) tomonidan taklif qilingan usul yordamida yerning tabiiy rezonans chastotasini aniqlash ishlarida foydalanildi. HVSR usuli dastlab Nakamura (Nakamura Y.A, 1989), keyinchalik Yevropada (Bard, 1999), Yaponiyada (Yamanaka, 2001) va boshqa ko'plab mamlakatlarda faol qo'llanilib, seysmik mikrohududlashtirish va geotexnik xavflarni baholashda muhim rol o'ynagan.

Seysmik signallarni qayd etishda Guralp Systems Ltd tomonidan ishlab chiqarilgan, ichki registratorga ega bo'lgan uch komponentli keng polosali velosimetrlar - CMG-6TD qurilmalari qo'llanildi. Ushbu asboblarning ikki gorizontal va bir vertikal o'q bo'yicha tebranishlarni yuqori aniqlikda qayd etish imkonini beradi. Datchik elektromexanik teskari aloqa prinsipi asosida ishlab, past energiya sarfi (100 impuls/sek tezlikda 0,9 Vt dan kam) bilan ajralib turadi. Shuningdek, 24-razryadli raqamli o'zgartirgich mavjudligi seysmik signallarni keng dinamik diapazonda aniq yozib olishni ta'minlaydi.

Mexanik nochiqlikligining deyarli yo'qligi va chiziqlilik darajasining 90 dB dan yuqori bo'lishi o'lchov natijalarining ishonchlilikini oshiradi. Datchik o'qlarining ortogonaligi 0,1 aniqlikda ta'minlangan bo'lib, uch komponentli yozuvlar sifatini yaxshilaydi. Qurilma 32 GB gacha ichki xotiraga ega bo'lib, ma'lumotlarni RS-232, Ethernet yoki Wi-Fi orqali real vaqtda uzatish yoki ichki xotirada saqlash imkoniyatini beradi. Bundan tashqari, tashqi Firewire disklarini ulash orqali ma'lumotlarni tezkor yuklab olish va GPS orqali vaqtni aniq sinxronlashtirish imkoniyati mavjud.

Instrumental tadqiqot natijalari asosida seysmik mikrorayonlashtirish ishlarida qo'llaniladigan dala tadqiqot ishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu usulning to'g'ri qo'llanilishi rayonlashtirilayotgan hududda bevosita muhandis-seysmologik kuzatuvlarni tashkil etishni hamda kuchli yoki sezilarli zilzilalar, shuningdek yuqori quvvatli portlashlar paytida yuzaga keladigan seysmik tebranish parametrlarini instrumental tarzda o'lchashni nazarda tutadi.



4-rasm. Farg'ona shahrining HVSR usuli asosida seysmik intensivlik orttirmalari xaritasi

Natijada hududda grunt qatlamlarining seysmik tebranishlarni kuchaytirish xususiyatlari hamda spektral natijalarini aniqlash imkonini beradi.

Xulosa va takliflar. O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida hududning muhandis-seysmologik sharoitlari va grunt qatlamlarining dinamik xususiyatlari asosida seysmik mikrorayonlashtirish amalga oshirildi. Tadqiqot jarayonida gruntlarning litologik tarkibi, fizik-mexanik va xususiyatlari, yer osti suvlari rejimi, relyef morfologiyasi hamda tektonik tuzilish kabi omillar kompleks tahlil qilindi. Ushbu omillar zilzila vaqtida seysmik to'liqlarning tarqalishi, transformatsiyasi va so'nish jarayonlariga sezilarli ta'sir ko'rsatishi aniqlandi.

Tadqiqot ishlari davomida Farg'ona shahri hududi bo'yicha 65 ta nuqtada seysmorazvedka ishlari va 60 ta nuqtada (HVSR) kuzatuv nuqtalarida tadqiqot ishlari olib borildi. Olingan natijalarga ko'ra tadqiqot maydonida V_{s30} qiymatlari 338-1122 m/s oralig'ida o'zgarishi aniqlandi. Ushbu ko'rsatkichlar asosida hudud shartli ravishda uchta seysmogeologik zonaga ajratildi. Maydonning asosiy qismi 700-800 m/s diapazonidagi o'rtacha tezliklar bilan tavsiflanib, bu grunt qatlamlarining nisbatan barqaror seysmik xatti-harakatini ko'rsatadi. 800-1122 m/s diapazonidagi yuqori tezlikli zonalar asosan hududning janubi-g'arbiy va janubi-sharqiy qismlarida, shuningdek ayrim shimoliy hududlarda lokal tarzda tarqalgan bo'lib, ular zichroq va mustahkam litologik qatlamlarning mavjudligini ko'rsatadi.

ADABIYOTLAR

- Захарова А.И., Ибрагимов Р.Н., Матасова Л.М. Сейсмоструктура, сейсмичность и сейсмический режим Ферганской депрессии его горного обрамления. Фонды Института Сейсмологии АН РУз, 1970 г.
- Скворцов Ю.А. Метод геоморфологического анализа и картирования. Изв. АН СССР. Сев.география и геофиз. 1941 г. №5
- Nakamura Y. and Saito A. (1983 г.), "Estimations of Seismic Response Characteristics and Maximum Acceleration of Surface Ground using Strong Motion Records (in Japanese)",
- Василковский Н.П. К стратиграфии четвертичных отложений Ферганы. 1936 г. 91-94
- Железнов В.Н., Диреев В.Я. Отчёт по государственной геологической съёмке масштаба 1:50000 в пределах К-42-132-В.Г. за 1969-1971 гг. Фонды мин.геол. УзР 109-112