

**СЕЙСМОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02/30.12.2019.GM/FM.97.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

СЕЙСМОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

КУЧКАРОВ КАХРАМОН ИСРАИЛОВИЧ

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ СЕЙСМИК КУЗАТУВЛАР
ТАРМОҒИНИНГ САМАРАДОРЛИГИНИ БАҲОЛАШ**

04.00.06 – Геофизика. Фойдали қазилмаларни қидиришнинг геофизик усуллари

**физика-математика фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент-2022

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Кучкаров Кахрамон Исраилович

Ўзбекистон Республикаси сейсмик кузатувлар тармоғининг самарадорлигини
баҳолаш3

Кучкаров Кахрамон Исраилович

Оценка эффективности сети сейсмологических наблюдений Республики
Узбекистан.....21

Kuchkarov Kakhramon Israilovich

Evaluation of the effectiveness of the seismic observation network of the Republic
of Uzbekistan39

Эълон қилинган илмий ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works42

**СЕЙСМОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02/30.12.2019.GM/FM.97.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

СЕЙСМОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

КУЧКАРОВ КАХРАМОН ИСРАИЛОВИЧ

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ СЕЙСМИК КУЗАТУВЛАР
ТАРМОҒИНИНГ САМАРАДОРЛИГИНИ БАҲОЛАШ**

04.00.06 – Геофизика. Фойдали қазилмаларни қидиришнинг геофизик усуллари

**физика-математика фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент-2022

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.4.PhD/FM667 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Сейсмология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.seismos.uz) ва «Ziynet» ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Артиков Турдали Усманиевич

физика-математика фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Туйчиев Ахмаджон Исмаилович

физика-математика фанлари доктори

Алимухамедов Илхом Мизратович

геология-минералогия фанлари номзоди

Етакчи ташкилот:

Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети

Диссертация ҳимояси Сейсмология институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.02/30.12.2019.GM/FM.97.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 й. «31» май соат 10-00 даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100128, Тошкент шаҳри, Зулфияхоним кўчаси, 3-уй, Тел.: +99871 - 241-51-70; +99871 - 241-74-98; E-mail: seismologiya@mail.ru).

Диссертация билан Сейсмология институтининг Ахборот-ресурслар марказида танишиш мумкин (1145-рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100128, Тошкент шаҳри, Зулфияхоним кўчаси, 3-уй; Тел. +99871 - 241-51-70.

Диссертация автореферати 2022 йил «13» май куни тарқатилди.

(2022 йил «13» май «9» рақамли реестр баённомаси)

К.Н. Абдуллабеков

Илмий даражалар берувчи

Илмий кенгаш раиси,

ф.-м.ф.д., академик

З.Ф. Шукуров

Илмий даражалар берувчи

Илмий кенгаш илмий котиби,

г.-м.ф фалсафа доктори (PhD)

С.Х. Максудов

Илмий даражалар берувчи

Илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, ф.-м.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳон амалиётида сейсмометрлик кузатув натижалари асосида аҳоли ва ҳудудларнинг сейсмик хавфсизлигини таъминлашга, ернинг чуқурликдаги тузилиши ҳамда ундаги геодинамик жараёнларни ўрганишга, йирик саноат объектлари ва тўғонларнинг сейсмик хавфини баҳолашга, сейсмик фаол ҳудудларда сейсмик мустаҳкам бино ва иншоотларни лойиҳалаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бугунги кунда зилзилалар параметрларини юқори аниқлик билан қайд қила оладиган сейсмик кузатувлар тармоғини яратиш долзарб аҳамиятга эга бўлиб, аҳоли ва ҳудудларнинг сейсмик хавфсизлигини таъминлашга қаратилган бир қатор кечиктириб бўлмайдиган вазифаларни ҳал қилиш имкониятини беради.

Ҳозирги вақтда жаҳоннинг сейсмик фаол ҳудудларида жойлашган давлатларда ер қобиғининг кучланганлик-деформацион ҳолатини тўлиқ мониторинг қилиш мақсадида сейсмик кузатувлар аниқлигини ошириш ҳамда содир бўлган зилзилалар параметрларини тезкор аниқлаш усулларини яратиш соҳасида илмий-амалий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада давлат органлари ва аҳолини зилзиладан эрта огоҳлантирувчи тизимларни яратиш, зилзила натижасида юзага келиши мумкин бўлган талофатларни камайтиришга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда аҳоли ва ҳудудларни сейсмик хавфдан ҳимоя қилиш бўйича аниқ мақсадга қаратилган чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. Сейсмология ва сейсмик чидамли қурилиш соҳасидаги илмий-тадқиқот ишларини жаҳон талаблари даражасига олиб чиқиш учун шарт-шароитлар яратилмоқда. Сейсмик хавфни баҳолашда ва зилзилалар даракчиларини қайд қилишда фойдаланиладиган станциялар тармоғининг моддий-техника базаси мустаҳкамланди. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегиясида «...одамларнинг экологик хавфсиз муҳитда яшашини таъминлаш...»¹ вазифалари белгилаб берилган. Бу борада, Республика ва трансчегаравий ҳудудларда, шунингдек табиий ва техноген хавфли ҳудудларда ҳамда муҳим объектларда сейсмик хавфсизлик бўйича мониторингни ташкил этиш, кучли ва талафотли зилзилалар содир бўлиши хавфи мавжуд бўлганида уларнинг оқибатларини бартараф этиш бўйича илмий тадқиқотларни ўтказиш республика аҳолиси ва ҳудудининг сейсмик хавфсизлигини таъминлашга қаратилган кенг кўламли вазифаларни ҳал қилишда муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ПФ-4947-сон Фармони, 2017 йил 1 июндаги «Фавқулодда вазиятларни олдини олиш ва уларни бартараф этиш тизими

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ПФ-4947-сон Фармони

самарадорлигини тубдан ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5066-сон Фармони, 2017 йил 9 августдаги “Сейсмология, сейсмик чидамли курилиш ҳамда Ўзбекистон Республикаси аҳолиси ва ҳудудининг сейсмик хавфсизлиги соҳасида илмий тадқиқотлар олиб боришни такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-3190-сонли, 2020 йил 30 июлдаги “Ўзбекистон Республикаси аҳолиси ва ҳудудининг сейсмик хавфсизлигини таъминлаш тизимини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-4794-сонли Қарорлари, ҳамда мазкур соҳада тегишли бошқа маъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация натижалари муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республиканинг фан ва технологияларни ривожлантиришнинг – VIII «Ер ҳақидаги фанлар (геология, геофизика, сейсмология ва минерал хом ашёни қайта ишлаш)» устувор йўналишларига мувофиқ равишда бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Сейсмик кузатувлар тармоғининг самарадорлигини баҳолаш бўйича бажарилган тадқиқотнинг долзарблигини глобал (Кондорская, Аранович 1970, 1971, 1972) ва минтақавий (Дубинская 1972) миқёсларда чоп этилган бир қатор илмий ишларда ҳам кўриш мумкин.

З.И. Аранович ва И.Б. Дубинскийларнинг ишлари маълум бир ҳудудлар учун нисбатан кам маълумотлар билан зилзила эпицентрининг координаталари хатолигини баҳолашга бағишланган. Ушбу ишларда мавжуд ва режалаштирилаётган станцияларнинг жойлашишига, станциялар қайд этган кўндаланг ва бўйлама тўлқинларнинг хатолигига қараб олинган аналитик ечим асосида 3 та сейсмик станциянинг бўлиши мумкин бўлган комбинациялари учун эпицентр координаталари ҳамда чуқурликларини аниқлашдаги хатоликлар баҳоланган. Бундай ҳолларда хатоликлар экстремал қийматлари бўйича солиштирилган.

1965 йилда Skoko D., Sato U., Ochi U. лар томонидан сейсмик станциялар сони 5 та бўлиши шarti билан зилзила ўчоғи координаталарини, ўчоқдаги вақтни ва сейсмик станцияларнинг жойлашишига қараб, тўлқин тарқалиш тезлиги хатоликларини аниқлаш алгоритмлари ишлаб чиқилди.

Ўзбекистонда З.И. Аранович, Т.У. Артиков, В.И. Уломов, Р.Н. Ибрагимов ва бошқалар томонидан янги алгоритм асосида сейсмик кузатувлар тармоғининг самарадорлигини баҳолаш бўйича илмий тадқиқот ишлари олиб борилган бўлиб, унда зилзилаларни қайд этишнинг қуйи чегаралари энергия орқали ҳисоблаб топилган. Ушбу тадқиқотларда Марказий Осиёдаги сейсмик кузатувлар тармоғи маълумотлари орқали яқин атрофдаги зилзила ўчоқларининг координаталарини аниқлашдаги хатоликлар таҳлил қилинган.

Сўнги йилларда дунё бўйича сейсмик кузатувлар тармоғини баҳолаш ва уларни такомиллаштириш В.Ю. Бурминнинг оптималлаштирилган чизиқли системаларининг янги мезонларидан фойдаланган ҳолда баҳоланмоқда.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан

боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Сейсмология институти илмий тадқиқот ишлари режасининг Ф8-ФА-0-13038 “Сейсmodинамик районлаштириш назариясининг ривожлантириш мақсадида турли сейсмотектоник шароитларида сейсмик жараён кечишини фундаментал қонунларини аниқлаш” (2012-2016 йй.) мавзусидаги фундаментал лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади Республикада сейсмик хавфсизликни таъминлашга қаратилган муаммоларни ҳал қилишда Ўзбекистон Республикаси сейсмик кузатув тармоғининг самарадорлигини баҳолаш ва такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари қуйидагилардан иборат:

грунтнинг тебраниш тезлиги ва уларнинг спектрал амплитудаларини масофа бўйича сўнишининг минтақавий боғлиқликларини аниқлаш;

республикадаги регионал сейсмик станцияларнинг самарадорлигини баҳолаш;

республикадаги регионал сейсмик кузатувлар тармоғининг самарадорлигини баҳолаш;

республикадаги регионал сейсмик кузатувлар тармоғини такомиллаштириш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Ўзбекистон Республикасининг регионал сейсмик кузатувлар тармоғи олинган.

Тадқиқотнинг предмети турли хил қувватга эга бўлган зилзилалар натижасида, грунтнинг тебраниш тезлиги ва уларнинг спектрал амплитудаларини масофа бўйича сўнишининг минтақавий қонунияти ҳамда мавжуд сейсмометрик кузатувлар тармоғининг зилзилаларни қайд этиш имкониятини баҳолаш ва такомиллаштиришни ташкил этган.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишини бажаришда зилзилаларни қайд этишнинг қуйи чегарасини магнитудалар орқали ҳисоблаш, зилзилаларнинг координаталари, чуқурлиги ва ўчоқдаги вақтни аниқлаш алгоритмларидан, зилзила эпицентрини аниқлашда сфера ва гиперболоид усулларида, сейсмик маълумотларни таҳлил қилишда SeisComP3 ҳамда EL-WIN дастурларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

турли хил энергияга эга бўлган зилзилалар учун грунтларнинг тебраниш тезлиги ва уларнинг спектрал амплитудаларини масофа бўйича сўнишини янги минтақавий боғлиқликлари аниқланган;

зилзилаларни қайд этишнинг қуйи чегарасини магнитудалар орқали ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилган;

амалдаги сейсмологик кузатув тармоғининг зилзилаларни қайд этиш имкониятлари ҳамда зилзилаларнинг координаталари, чуқурлиги ва ўчоқдаги вақтни аниқлашдаги хатоликлар баҳоланган;

Республикадаги регионал сейсмик станцияларининг самарадорлиги баҳоланган;

Республикадаги регионал сейсмик кузатувлар тармоғи такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

грунтларнинг тебраниш тезлигини масофа бўйича сўнишининг янги минтақавий боғлиқлиги асосида зилзилаларни қайд этишнинг қуйи чегарасини белгиловчи M_{3min} , M_{6min} ва M_{40min} янги хариталар мажмуаси тузилган;

Давлат органлари ва аҳолига содир бўлган зилзила бўйича тўлиқ маълумот етказиш тизими яратилган;

Республикадаги сейсмик фаол ҳудудларда магнитудаси икки ва ундан юқори ($M \geq 2.0$) бўлган зилзилаларни қайд этиш имконияти яратилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Олинган маълумотларнинг ишончлилиги республикадаги 40 та сейсмик станциялар ҳамда Марказий Осиё сейсмик кузатувлар тармоғининг 10 та станцияси, улардан 7 таси (Терек Сай – TRKS, Аркит – ARK, Арсланбоб – ARSB, Ош – ОНН, Суфи-Курган – SFK, Дараут-Курган – DRK ва Баткен - ВТК) Қирғизистон ҳудудида, 3 таси (Гарм – GRM, Симиғанж – SIMI ва Гезен - GZN) Тожикистон ҳудудида жойлашган сейсмик станциялар маълумотларини таҳлил қилиш орқали таъминланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти турли хил энергияга эга бўлган зилзилалар учун грунтнинг тебраниш тезлиги ва уларнинг спектрал амплитудаларини масофа бўйича сўнишини янги минтақавий боғлиқликларини олиш, Ўзбекистон ҳудуди учун сейсмик хавфни баҳолаш тизими ва сейсмикликни мониторинг қилиш асосини ташкил этадиган сейсмометрик кузатувлар тармоғини такомиллаштириш ва самарадорлигини ошириш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти зилзилалардан ҳосил бўлган тўлқинларининг динамикаси ва кинематикасини аниқлашга, табиий ва техноген хавфли ҳудудларда ҳамда муҳим иқтисодий объектлар қурилишида сейсмик хавфни турли миқёсларда баҳолашга асос сифатида хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Ўзбекистон Республикаси сейсмик кузатувлар тармоғининг самарадорлигини баҳолаш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

турли интенсивликдаги сейсмик таъсирни масофа бўйича сўнишини грунтларнинг тезлиги орқали ифодаланган янги эмпирик қонуниятлари Сейсмопрогностик мониторинг республика марказининг амалиётига жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Фавқулодда вазиятлар вазирлигининг 2021 йил 30 октябрдаги 2/4/32-3036-сон маълумотномаси). Натижада, республикамиз ва унга чегарадош бўлган ҳудудларда содир бўладиган зилзилалар кучини (магнитудаларда) ҳисоблаш аниқлигини оширишга хизмат қилган;

сейсмик станциялар тармоғининг кучсиз зилзилаларни қайд этиш имкониятини баҳолаш ҳамда сейсмик кузатувлар тармоғи бўйича зилзилалар

координаталари, чуқурлиги ва зилзила ўчоғи вақтини аниқлашдаги хатоликларни ҳисоблаш натижалари Сейсмопрогностик мониторинг республика марказининг амалиётига жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Фавқулодда вазиятлар вазирлигининг 2021 йил 30 октябрдаги 2/4/32-3036-сон маълумотномаси). Натижада, Республика ва унга чегарадош худудларда содир бўлаётган зилзилалар параметрларини аниқлашдаги хатоликларни камайтириш имконини берган;

сейсмик кузатувлар тармоғини баҳолаш натижасида 40 та сейсмик станциядан самарадорлиги юқори бўлган 26 та станциялар ажратиб олинди, қўшимча станция очиш ҳисобига такомиллаштирилган сейсмик кузатувлар тармоғи Сейсмопрогностик мониторинг республика марказининг амалиётига жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Фавқулодда вазиятлар вазирлигининг 2021 йил 30 октябрдаги 2/4/32-3036-сон маълумотномаси). Натижада, зилзилалар параметрларини юқори аниқликда топиш ҳамда Ғарбий Ўзбекистон худуди учун кучсиз зилзилаларни қайд этиш имкониятини икки баробарга ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 3 та халқаро ва 3 та республика миқёсидаги илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 14 та мақола ва тезислар чоп этилган. Шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан диссертацияларнинг асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 6 та, жумладан, 5 таси республика ва 1 таси ҳорижий журналларда.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, ҳулоса ва фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат. Диссертациянинг умумий ҳажми 107 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида олиб борилган тадқиқотнинг долзарблиги ва унга бўлган талаб, тадқиқот мақсади ва вазифалари асосланган, тадқиқот объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устивор йўналишларига боғлиқлиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётда қўлланилиши, нашр қилинган ишлар ва диссертация тузилиши келтирилган.

Диссертациянинг **“Ўзбекистон худудининг сейсмиклиги ва сейсмик кузатувлар ривожланишининг асосий босқичлари”** деб номланган биринчи бобида Ўзбекистон худудининг сейсмиклиги, республиканинг сейсмик районлаштириш ва Тошкент шаҳрининг сейсмиклиги тавсифланган, шунингдек, республикада сейсмик кузатувлар ривожланишининг босқичлари, унинг бугунги ҳолати, сейсмологик маълумотларни қайта

ишлаш ва сейсмологик дастурий таъминотлар тизими ҳақида батафсил маълумот берилган.

Ўзбекистон Республикаси ҳудуди Тянь-Шан тоғ тизмаларининг ғарбий қисми ва Турон платформасини ўз ичига олган. Ушбу катта ҳудуд литосфера плиталарининг мураккаб геодинамик ўзаро таъсири туфайли сейсмикликнинг турли хил кўринишлари билан характерланади. Шу боис, Ўзбекистон ҳудудининг сейсмик хавфсизлигини таъминлаш муаммоси жуда долзарбдир.

Ўзбекистон ҳудудида бир қанча сейсмик фаол зоналар мавжуд бўлиб, уларнинг йўналиши магнитудаси $M \geq 5$ бўлган зилзилаларни келтириб чиқаришга қодир бўлган ер қобиғидаги йирик тектоник ёриқларнинг йўналиш чизиқларига мос келади. Ўзбекистон ва унга чегарадош бўлган ҳудудларда тарихда ва ҳозирги даврда ҳам магнитудаси $M \geq 7$ ва ундан юқори бўлган, эпицентрда $I=9-10$ балл интенсивликка эга бўлган зилзилалар содир бўлган.

Сейсмик хавфни баҳолашда ер қобиғининг фаол ер ёриқлари зонаси – зилзилаларни келтириб чиқарувчи зона, зилзила манбалари модели сифатида қабул қилинган. Бугунги кунда Ўзбекистон ҳудудида кучли зилзилалар содир бўлиши мумкин бўлган 30 га яқин зоналар ажратилган.

УСР-2017 харитаси Ўзбекистон ҳудудини умумий сейсмик районлаштириш меъёрий харитаси ҳисобланиб, республика ҳудудининг сейсмик хавфини балларда MSK-64 макросейсмик шкалада ифодаловчи, сейсмик таъсир 50 йил давомида кўрсатилган қийматдан ошмаслик $P=0,98$ бўлган ҳол учун қурилган.

Ўзбекистонда инструментал сейсмометрик кузатувлар ўтган асрнинг бошидан ровожлана бошлади. Марказий Осиёда биринчи инструментал кузатувлар 1901 йилда Тошкентда сейсмик станция очилгандан сўнг олиб борила бошланди. Ўзбекистонда сейсмик ҳодисаларни мониторинги 2006 йилгача аналог (гальванометрик), 2006 йилдан бошлаб эса рақамли кўринишда қайд этила бошланган. Ўзбекистондаги сейсмик тармоқнинг асосий вазифаси яқин атрофдаги ер силкинишларини қайд этишдан иборат бўлган.

Ҳозирги вақтда Республикада 40 та сейсмик станция фаолият юритиб, уларнинг ҳар бири замонавий рақамли сейсмик асбоб-ускуналар билан жиҳозланган. Сейсмик маълумотларни қайта ишлаш икки турдаги дастурлар ёрдамида амалга оширилмоқда:

- зилзилаларни тезкор қайта ишлаш Германияда Гельмгольц номидаги Потсдам маркази (GFZ) – Германия Ер тадқиқотлари маркази томонидан ишлаб чиқилган SeisComP3 дастури ёрдамида амалга оширилади;

- республика бўйича зилзилаларни қайта ишлаш Россия Фанлар академиясининг Ягона геофизика хизматида ишлаб чиқилган EL_WIN дастури ёрдамида амалга оширилади.

Диссертациянинг **“Грунтнинг тебраниш тезлиги ва уларнинг спектрал амплитудаларини сўнишининг минтақавий қонунияти”** деб номланган иккинчи бобида Ўзбекистон ва унга чегарадош ҳудудларда содир

бўлган $M=3,8-6,2$ зилзилалар велосиграммалари ва ушбу зилзилаларнинг спектрал таҳлили келтирилган. Турли хил энергияга эга бўлган зилзилалар учун грунтнинг тебраниш тезлиги ва уларнинг спектрал амплитудаларини масофа бўйича сўнишининг янги минтақавий боғлиқликлар асосида олинган.

Сейсмик тўлқинларнинг сўниш табиати ер қобиғининг тезлик тузилиши (тўлқинларнинг ўтиши), минтақанинг геологик хусусиятлари, иссиқлик оқими, зилзила ўчоқларининг чуқурлигига ва бошқа омилларга боғлиқ. Булар эса, маҳаллий зилзилаларни энергиясини аниқлаш учун локал магнитудани (ML) халқаро стандартлаштирилган калибрлаш функциясини яратиш имконини бермайди. Бироқ, ML шкаласининг ҳақиқий қийматини аниқлаш маҳаллий шароитларни ҳисобга олган ҳолда калибрлаш функциясини ҳисоблаш тартибининг унификация қилиш имконини беради.

2012 йилгача Ўзбекистон Республикасида маҳаллий зилзилалар магнитудасини баҳолаш Т.Г. Раутианнинг энергетик синфга келтирилган эмперик номограммаси ёрдамида амалга оширилган. Ушбу шкала Рихтернинг локал магнитудаларидан тубдан фарқ қилмайди ва улар орасидаги боғлиқлик қуйидагича:

$$K = \begin{cases} 1.8 * M + 4.0, & M < 5.5 \\ 1.5 * M + 5.6, & M \geq 5.5 \end{cases}$$

Ушбу номограмманинг эквиваленти калибрлаш функцияси ҳисобланади:

$$M_{KP} = \lg V + 2.45 * \lg \Delta - 5.39$$

Бу ерда V - кўндаланг тўлқиннинг максимал амплитудаси, нм/с да, Δ – эпицентрал масофа, км да.

Шунга қарамасдан, магнитудани аниқлашда хатоликларга олиб келадиган бир қанча муҳим омиллар мавжуд. Биринчидан, Т.Г. Раутианнинг номограммаси минтақавий кузатув тармоғига асосланиб қурилган бўлиб, яқин масофаларга экстраполяция қилишда сейсмик тўлқинларнинг сўнишини маҳаллий хусусиятлари ҳисобга олинмаган. Иккинчидан, олдинги қайта ишлаш амалиётида (маълумотларни) магнитудаларда стационар тузатмалар ҳисобга олинмаган.

Турли хил энергияга эга бўлган зилзилалар учун грунтнинг тебраниш тезлиги ва уларнинг спектрал амплитудаларини масофа бўйича сўнишининг минтақавий боғлиқликлигини куриш учун велосиграммалардаги бўйлама ва кўнгдаланг тўлқинларнинг энг катта амплитудаси таҳлил қилинди. Зилзила ўчоғидан 500 км масофада жойлашган станциялардан олинган ёзувлар кўриб чиқилди. Барча таҳлил қилинган зилзилалар 0,5M қадам билан бир неча магнитудали гуруҳларга бўлинган. Мисол учун, 1-расмда Фарғона ботиқлигида содир бўлган $M=4,0-6,0$ магнитудали зилзилалар учун экспериментал маълумотлар (v, R) жамланмаси келтирилган.

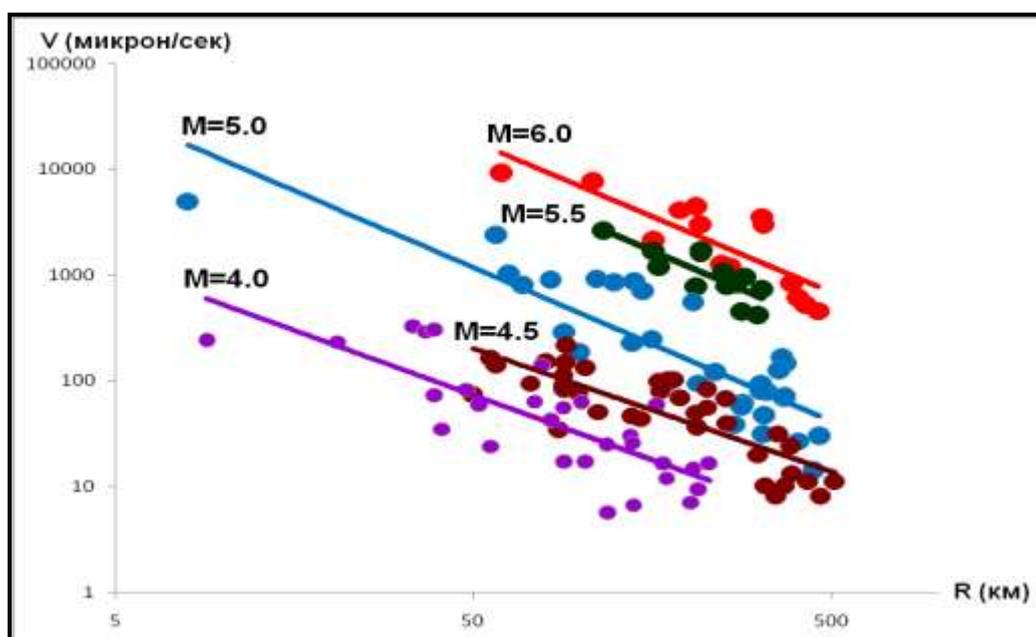
Ҳар бир магнитудалар гуруҳи учун энг кичик квадратлар усули билан $\lg v = a - b \lg R$ боғлиқликлари қурилган, бу ерда v – S тўлқин амплитудасининг максимал қиймати (мк/сек да), R – эпицентрал масофа (километрда).

Ушбу боғлиқликларни биттага бирлаштириб, магнитудаси $M=3-7,5$

бўлган зилзилалар учун грунтнинг тебраниш тезлиги амплитудасини масофа билан боғлайдиган қуйидаги ифодалар олинди:

$$lgv = \begin{cases} M - 1.7 * lgR + 0.91, & 10 < R \leq 100 \text{ км} \\ M - 2.35 * lgR + 2.26, & 100 < R \leq 500 \text{ км} \end{cases}$$

Грунтнинг тебраниш тезлигини (бўйлама тўлқинлар бўйича) масофа бўйича сўнишининг минтақавий боғлиқлигини қуриш учун сейсмик станциялардан $R \leq 500$ км эпицентрал масофаларда содир бўлган магнитудаси $M=3,8-6,0$ зилзилалардан фойдаланилди.



1-расм. Фарғона ботиқлигида магнитудаси $M=4,0-6,0$ бўлган зилзилалар учун грунтнинг тебраниш тезлиги амплитудалари сўнишининг экспериментал маълумотлари

Ҳар бир магнитудалар гуруҳи учун энг кичик квадратлар усули билан $lgv = m - b * lgR - c$ боғланишлари қурилган, бу ерда $v - R$ тўлқин амплитудасининг максимал қиймати (мк/сек да), $R -$ эпицентрал масофа (километрда).

Ушбу боғланишларни биттага бирлаштириб, магнитудаси $M=3.8-6.0$ бўлган зилзилалар учун грунтнинг тебраниш тезлиги амплитудасини масофа билан боғлайдиган қуйидаги ифодалар олинди:

$$\begin{cases} lgv = m_b - 1.2 * lgR - 0.5, & 10 \leq R \leq 100 \text{ км} \\ lgv = m_b - 1.2 * lgR - 0.7, & 100 < R \leq 200 \text{ км} \\ lgv = m_b - 1.2 * lgR - 0.9, & 200 < R \leq 400 \text{ км} \\ lgv = m_b - 1.2 * lgR - 1.2, & 400 < R \leq 600 \text{ км} \end{cases}$$

Грунтнинг тебраниш тезлиги ва уларнинг спектрал амплитудаларини масофа бўйича сўнишининг минтақавий боғлиқлиги асосида турли хил эҳтимоллик учун P ($P=0.90$; $P=0.95$ и $P=0.98$) 50 йил давомида сейсмик интенсивлик кўрсатилган кўрсаткичдан ошмаслиги шарти билан грунтнинг

тебраниш тезлиги амплитудасининг спектрал қийматларини $T=0.1$ с, $T=0.3$ с, $T=0.5$ с и $T=1$ с даврлари учун Ўзбекистон худудининг сейсмик хавф хариталари қурилди. Ўзбекистон худудининг сейсмик хавфи ҳақида батафсил маълумотни Т.У. Артиков, Р.С. Ибрагимов ва бошқа муаллифларнинг кўплаб нашрларида топиш мумкин.

Диссертациянинг “Зилзилаларни қайд этишнинг қуйи чегарасини магнитудалар орқали ҳисоблаш усули ва зилзила ўчоғи координатаси аниқлашдаги хатоликлар” деб номланган учинчи бобида зилзилаларни қайд этишнинг қуйи чегарасини магнитудалар орқали ҳисоблаш ва зилзилаларнинг ўчоғидаги вақти, чуқурлиги ва эпицентр координатасини аниқлашдаги хатоликларни ҳисоблаш алгоритмлари таҳлил қилинган. Алгоритмлар асосида зилзилаларни қайд этишнинг қуйи чегарасини магнитудалар орқали ифодаловчи хариталар ва зилзилаларнинг ўчоғидаги вақти, чуқурлиги ва эпицентр координатасини хатоликлари хариталари тузилди.

Зилзилаларни қайд этишнинг қуйи чегарасини магнитудалар орқали ифодаловчи хариталар ва зилзила ўчоғи координаталарини аниқлашдаги хатоликлар хариталарини тузиш алгоритмлари бир-бири билан чамбарчас боғлиқ бўлиб, умумий алгоритм қуришнинг икки босқичини ифодалайди.

Фараз қилайлик, маълум бир худудда зилзила ўчоғи координатасини аниқлашда иштирок этувчи станцияларнинг минимал сони m га тенг. Худуднинг ҳар бир майдонидаги хатоларни баҳолаш учун зилзила ўчоғи координаталарини аниқлашда қайси станциялар иштирок этишини билиш керак. Бошқа томондан, худди шу станциялар маълумотларига кўра, ўрганилаётган худуддаги зилзилаларни қайд этишнинг қуйи чегарасига магнитуданинг қандай минимал даражаси $M_{m,\min}$ мос келишини билиш керак. Табиийки, $M_{m,\min}$ худуддаги зилзила ўчоғининг координатасини аниқлашда иштирок этаётган барча станциялар ($1, \dots, m$) маълумотларни қайд этиш бўйича “энг ёмони” кўрсаткичи орқали аниқланади. Агар худуддаги зилзилалар магнитудаси $M_{m2,\min} > M_{m1,\min}$, бўлса, бу зилзила ўчоғининг координаталарини аниқлашда m_1 станция эмас, балки m_2 станция бўлади, $M_{m2,\min}$ барча станциялар ичида сезгирлиги “энг ёмон” кўрсаткичи бўйича аниқланади. Шубҳасиз, $M_{m1,\min}$ нинг зилзила ўчоғи координатасини аниқлашдаги хатоликлар худди шу худуд учун $M_{m2,\min}$ нинг зилзила ўчоғи координаталарини аниқлашдаги хатоликлардан фарқ қилади.

Шундай қилиб, $M_{n,\min}$ гача бўлган зилзила ўчоғи координаталарини аниқлашда $M_{m1,\min}$ қиймати ва хатоликлари ўртасида тўғридан-тўғри боғлиқлик мавжуд, бу ерда $M_{n,\min}$ – худуддаги зилзиланинг энг кичик магнитудаси, қайд этган барча станциялар тизимидан “энг ёмон” станциялардан бири $n/1, \dots, n/$, бу ерда n – ушбу босқичдаги барча худуддаги станциялар сони.

Фараз қилайлик, зилзила ўчоғи координатасини $/X_0, Y_0, H_0/$ аниқлашда иштирок этаётган $1, \dots, m$, станциялар тизимининг “энг ёмон” станцияси $m /X_j, Y_j/$, P тўлқиндаги ёзувнинг амплитудаси $A_{p,\min}$ (мк/с да) ($A_{p,\min}$ -

Р тўлкинда ёзувнинг амплитудаси, халақит берувчи тўлқинлар фонидан ажратиб олиш имконини берадиган). Бундай ҳолда, ушбу станциядаги грунтнинг тебраниш тезлиги амплитудаси $A_{p,min}$ микрометр/с да қуйидагича бўлади:

$$A_{p,min} = \frac{C_s * V}{K_u * S_d * 2^{A/D \text{ bit}-1}} * 10000$$

C_s – аналог-рақамли конвертордан чиқувчи сигнал қийматлари (микросейсмик шовқулар даражаси);

V – аналог-рақамли конверторнинг кириш кучланиши;

K_u – кучайтиргичнинг кўпайиш коэффиценти;

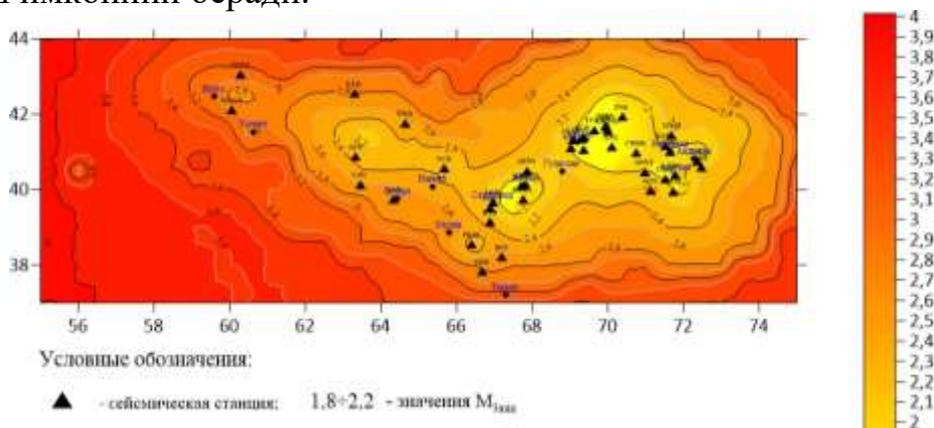
S_d – датчикнинг (сейсмометр) сезгирлиги

$2^{(A/D \text{ bit}-1)}$ - рақамли конверторнинг даражаси

$M_{min} = \lg A_{min} + 1.2 * \lg R + c$ Ҳозирги вақтда республикада m_b магнитудани аниқлаш учун грунтнинг тебраниш тезлиги ва уларнинг спектрал амплитудаларини масофа бўйича сўнишини (бўйлама тўлқин Р бўйича) минтақавий боғланишига $M_b=f(\lg A, \lg R, C)$ мос келадиган коррелацион боғланишдан фойдаланилади, бу ерда R – эпицентрал масофа, C – Р тўлқин амплитудасини сўниш коэффиценти. Ушбу усул иккинчи бобда батафсил ёзилган. Шундай қилиб, $A_{p, m,min}(R)$ дан $M_{m,min}$ га ўтиш учун қонуниятдан фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлади. Кейинги босқичда $M_{m,min}$ и $A_{p,min}$ ўртасида чизиқли боғлиқлик мавжуд:

Станциялардаги микросейсмик шовқин даражасини баҳолаш асосида ишлаётган станциялар тармоғининг зилзилаларни қайд этишнинг қуйи чегараси магнитудалар орқали баҳоланди.

Ҳисоб-китоблар шуни кўрсатдики, кўриб чиқилётган ҳудудда $n=3$ да (учта станция билан) зилзилаларни қайд этишнинг қуйи чегарасининг энг кичик магнитудалари M_{3min} 1,7 дан 3,8 гача ўзгариб туради. Олинган маълумотлар 0,25 бирлик қадам билан M_{3min} изолиния харитасини тузиш имконини берди (2-расм), дастур бундай хариталарни янада майда қадам билан тузиш имконини беради.



2-расм. Зилзилаларни қайд этишнинг қуйи чегарасини M_{3min} схематик харитаси (ФВВ СРМ тармоғи бўйича 2020 й)

2-расмдан кўриш мумкинки, Тошкентолди геодинамик полигони худудидаги станциялар тармоғи ($M_{3\min} \approx 2,0$) энг юқори сезгирликка эга бўлиб, Тошкентолди полигонининг шимолига қараб аста-секин пасайиб боради. Харитада юқори сезгирликдаги сейсмик станцияларнинг тўпланган жойлар Шарқий ва Тошкентолди геодинамик полигонларида изолиния чизиқларининг энг катта эгрилиги ифодаланган.

Худуднинг асосий сейсмик фаол зоналарида $M_{3\min}$ кўрсаткичларини сезиларли даражада фарқ қилишига эътибор беринг. Демак, Шарқий ва Тошкентолди полигонлари учун $M_{3\min}$ $1,9 \div 2,2$ даражасига тўғри келса, жанубий полигон учун бу даражадан $0,4 \div 0,6$ га, ғарбий полигон учун эса $1,0-1,4$ магнитудага ошади.

Бундан ташқари, кучсиз сейсмикликни ўрганиш жараёни шуни кўрсатдики, мавжуд сейсмик станцияларнинг 47% зилзила ўчоғидан унча узоқ бўлмаган масофада жойлашган бўлсада, $M_{3\min}$ даражасидаги зилзилаларни қайд этишда деярли қатнашмади. Бу эса, ушбу станцияларни бўлиши мақсадга мувофиқми деган саволни кўйиш имконини беради.

Шунингдек, зилзила ўчоғи вақти, чуқурлиги ва эпицентр координаталари хатолигини аниқлашда В.Ю. Бурмин ва Т.У. Артиков алгоритмлари ишлатилган.

Эпицентр координаталарининг хатосини ҳисоблаш учун биринчи навбатда, ҳар бир станциянинг ҳақиқий сейсмик шовқини ҳисобга олинган ҳолда унинг зилзилаларни қайд этишнинг қуйи чегараси баҳоланди. Ҳисоб-китоблар шуни кўрсатдики, Ўзбекистоннинг замонавий сейсмологик кузатувлар тармоғи (координаталар оралиғи $\varphi=38^0 \div 43^0$ ШК ва $\lambda=63^0 \div 74^0$ ҒУ) $2,7$ магнитудали зилзилаларни ўтказиб юбормасдан қайд этади. Кейинги босқич зилзила ўчоғи вақти, чуқурлиги ва эпицентр координаталари хатолигини аниқлашда хатоликни баҳолаш эди. Ушбу бобда магнитудаси $2,7$ ва ундан юқори зилзилалар учун эпицентрал масофа ($\partial\Delta$), чуқурлик (∂h) ва ўчоқ вақтини (∂t) аниқлашдаги хатоликлар ҳисоблаб чиқилган. Ўзбекистон худудининг кўп қисмида сейсмик тўлқинларнинг келиш вақтини аниқлашдаги максимал хатоликлар $1с$ га тенг, гипоцентр чуқурлигини аниқлашдаги хатоликлар 15 км, эпицентрларни аниқлашдаги хатоликлар эса 5 км дан ошмаган.

Ҳисоб-китоблар шуни кўрсатдики, кўриб чиқиладиган худуд учун координаталардаги хатоликларнинг максимал қиймати 5 дан 40 км гача ўзгариб туради. Кутилганидек, хатоликларнинг минимал қийматлари эпицентрни станциялар билан бир хил муҳитда ўраб олинган жойларда яъни, Ўзбекистоннинг Фарғона, Тошкентолди, Самарқанд ва Жанубий геодинамик полигонларнинг марказий худудларига тўғри келади. Максимал қийматлар кўриб чиқиладиган худуднинг шимолий-ғарби ва ғарб қисмларига тўғри келади.

Ҳозирги вақтда зилзила ўчоғинининг чуқурлигини аниқлашда энг катта хатоликлар кузатилмоқда. Сейсмик станциялардан бири эпицентр яқинида жойлашганида ўчоқ чуқурлигининг хатолиги минимал бўлади ва

эпицентрдан масофа ортган сайин хатолик кескин ортади. Баъзи ҳолларда Δh хатоликлар ўчоқ чуқурлиги қийматларидан бир неча марта ошиб кетиши мумкин. Кўриб чиқиладиган ҳудудда Δh эҳтимоллик хатоларининг қийматлари 4 дан 40 км гача ўзгариб туради

Ҳисоб-китоблар шуни кўрсатдики, ҳудуднинг асосий қисми учун зилзила ўчоғи вақтини аниқлашда эпицентрга нисбатан станцияларнинг масофасига қараб 1с ва 1,2 с оралиғида ўзгариб туради. Ўзбекистоннинг ғарбий қисмида зилзила ўчоғининг вақти хатолиги энг катта қийматларда аниқланади.

Диссертациянинг **“Ўзбекистон Республикаси сейсмик кузатувлар тармоғининг самарадорлигини баҳолаш ва уни такомиллаштириш”** деб номланган тўртинчи бобида сейсмик кузатувлар тармоғининг самарадорлигини баҳолаш натижалари ва уни такомиллаштириш йўллари келтирилган.

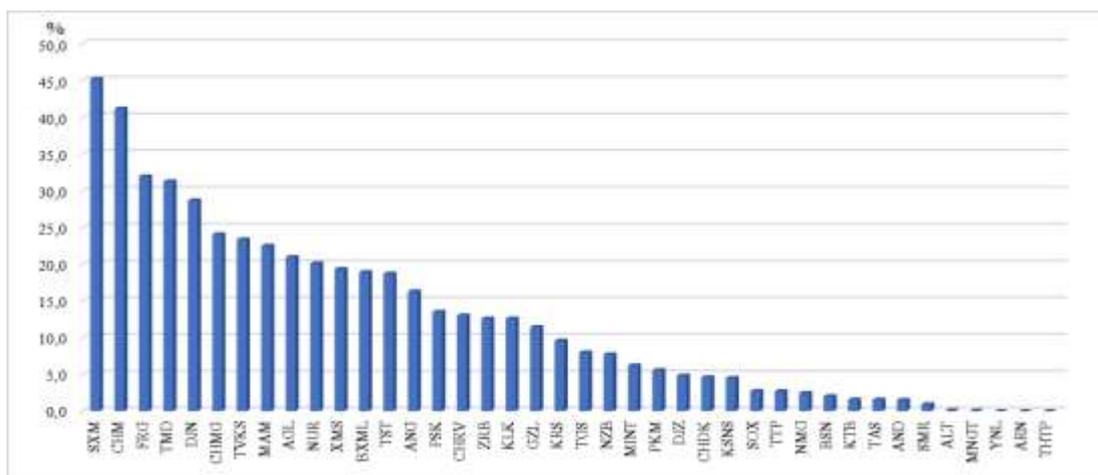
Сўнгги йилларда, Ўзбекистон Республикасининг сейсмик кузатувлар тармоғи сезиларли ривожланди. Бир қанча янги сейсмик станциялар очилди, кучли тебранишлар тармоғи яратилди, уч каналли кенг полосали сейсмометрлар ва акселерометрлар ўрнатилди.

Станциядаги сейсмик шовқинлар даражаси станция фаолияти самарадорлигини белгиловчи муҳим мезонлардан биридир. Станцияларнинг ишлаши давомида сейсмик маълумотларни қайта ишлаш самарадорлигини ошириш учун шовқин модели ва унинг ўзгариши ўрганилади. Шовқин ўрганишининг муҳим жиҳати сейсмик станцияларнинг қайд этиш каналлари ҳолатини кузатишдир.

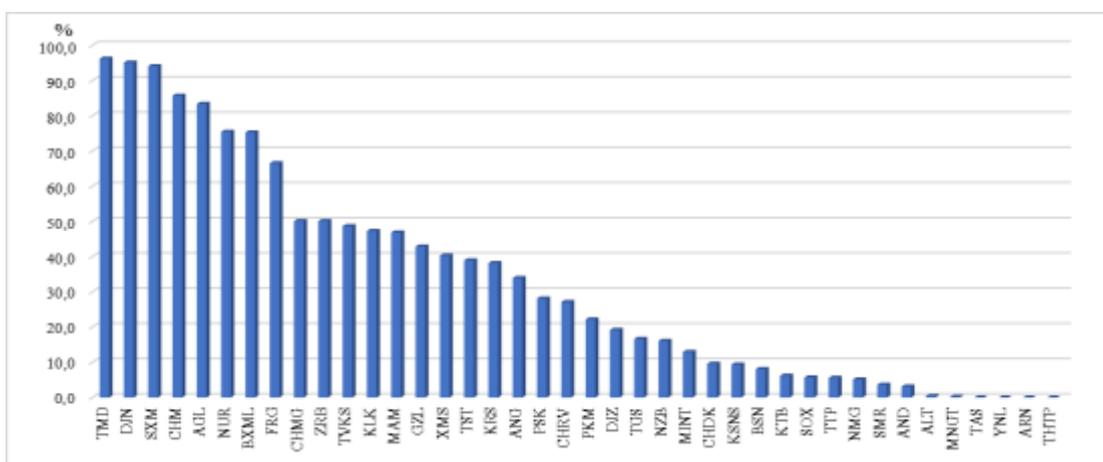
Сейсмик шовқинларни ўрганиш шуни кўрсатдики, сейсмик станцияларнинг 35% тўғри ўрнатилган, чунки улар қояли жинслар устида жойлашган, шунинг учун, бу станцияларда шовқин даражаси моделнинг куйи даражасига яқин, аҳоли яшайдиган жойлардан узоқда жойлашган сейсмик станцияларнинг 30% ўртача шовқин даражаси билан тавсифланади. Қолган сейсмик кузатув пунктлари (35%), юмшоқ бириккан ҳамда бирикмаган жинсларда ва шаҳарларда жойлашган бўлиб, юқори шовқин даражаси билан ажралиб туради.

Бундан ташқари, минтақавий масофалардаги сейсмик станцияларнинг фаолиятини баҳолаш Сейсмопрогностик мониторинг республика марказининг (СМРМ) 2020 йил учун тузилган каталогидан фойдаланган ҳолда амалга оширилди. 2020-йилда СМРМ зилзилаларнинг жамланма каталогини тузишда 40 та сейсмик станция маълумотларидан фойдаланилган. 2020 йилда зилзилаларнинг жамланма каталогини яратиш учун Марказий Осиё тармоғининг 10 та станциясидан фойдаланилган, улардан еттitasi (Терек Сай – TRKS, Аркит – ARK, Арсланбоб – ARSB, Ош – ОНН, Суфи-Курган – SFK, Дараут-Курган – DRK ва Баткен - ВТК) Қирғизистон ҳудудида, учтаси (Гарм – GRM, Симиғанж – SIM ва Гезен - GZN) Тожикистон ҳудудида жойлашган. 2020 йилда 40 та сейсмик станция ёрдамида 87771 та сейсмик ҳодиса қайд этилган.

Ўтказилган таҳлиллар шуни кўрсатдики, Шохимардон (SXM) станцияси ишончли тарзда етакчилик қилмоқда – ушбу станция маълумотлари зилзила каталогига ҳодисаларнинг деярли 45%ни қайта ишлаш учун қўлланилган. Чимён (СНМ) станцияси ундан бир оз пастроқ – унинг маълумотлари ҳодисаларнинг тахминан 41% ёзувларини қайта ишлашда қўлланилган. Қолган станциялар улардан сезиларли даражада орқада. Жадвалнинг қуйи қисмида йирик шаҳарлардаги (Наманган, Андижон, Самарқанд, Тошкент, Бойсун ва Жиззах) жойлашган станциялар жойлашган (3-расм).



3-расм. 2020 йил учун зилзила каталогини тузишда станцияларнинг иштироки



4-расм. 2020 йил учун станцияларнинг геодинамик полигондаги жойлашувини ҳисобга олган ҳолда зилзилалар каталогини тузишда иштироки

Станцияларнинг самарадорлигини баҳолашда сейсмик станцияларни турли даражадаги сейсмик фаолликдаги ҳудудларда жойлашган бўлиши мумкинлигини ҳам ёдда тутиш керак. Масалан Шохимардон (SXM) ва Чимён (СНМ) станциялари Манғит (MNGT) ва Тахтакўпир (ТНТ) станцияларидан фарқли ўлароқ сейсмик фаоллиги жуда юқори бўлган ҳудудда жойлашган бўлиб, улар томонидан қайд этилган сейсмик ҳодисаларни кўплигини ушбу

ҳолат билан тушинтириш мумкин. Станциялар учун муҳим хусусият унинг фаол ёки тинч минтақада бўлишидан қатъий назар, сейсмик ҳодисаларни қайд этишидир.

Шунингдек, станцияларнинг самарадорлигини тўғрироқ аниқлаш учун йил давомида бир қатор сабабларга кўра (бузилиш, алоқа каналидаги узилишлар, модернизация) станция ўз маълумотларини жўната олмаслик ва шунга мос равишда каталогни тузишда иштирок этмаслигини ҳисобга олиш керак. Шунинг учун, ҳар бир станциянинг каталог тузишдаги иштироки маълумотларни келиши ва унинг геодинamik полигонда жойлашувини ҳисобга олган ҳолда қайта ҳисоблаб чиқилди. (4-расм).

Олиб борилган таҳлиллар шуни хулоса қилиш имконини бердики, станциянинг самарадорлиги унинг жамланма каталогни тузишда қўшган ҳиссаси ҳамда сейсмик шовқиннинг даражасидан ташқари кўплаб омилларга боғлиқ. Масалан, станциянинг сейсмик фаол зоналарга нисбатан жойлашуви, асбоб-ускуналарнинг сифати, малумотлар маркази билан каналларни сифатига боғлиқ. Ҳозирда ўн бешта сейсмик станциялар – Шохимардон (SXM), Чимён (CHM), Тошота (TSHT), Мамай (MAM), Товоқсой (TVKS), Томдибулоқ (TMD), Сох (SOH), Агалик (AGL), Хумсон (XMS), Ангрэн (ANG), Қорасой (KRS), Зарабоғ (ZRB), Қулқудуқ (KLK), Бахмал (BHML) ва Жонгелди (DJN) минтақавий мониторингда энг юқори самарадорликни намоён этмоқда. Каталогни тузишда Қирғизистон тармоғидаги станциялар, шунингдек, Тожикистоннинг Гарм (GARM) станцияси ҳам катта ҳисса қўшган. Шуни таъкидлаш керакки, станцияларнинг муҳимлиги нафақат унинг сезгирлиги ёки қайд этган ҳодисаларни сони билан белгиланади. Масалан, Фарғона (FRG), Наманган (NMG), Тошкент (TAS), Самарқанд (SMR) ва Жиззах (DJZ) станциялари йирик шаҳарларда жойлашган бўлиб, шунга мос равишда сейсмик шовқин даражаси юқорилиги сабабли сезгирлиги паст. Бироқ, энг йирик мегополислар ҳамда стратегик жойлардаги кучли ва сезиларли zilзилаларни мониторинг қилишда уларнинг маълумотлари жуда муҳимдир.

Мавжуд вазият – сейсмик кузатувлар тармоғининг имкониятлари Республика бўйича бир хил эмаслиги тармоқни такомиллаштиришни талаб қилади. Бу вазифалар кучли zilзилалар эпицентрал ҳудудларида маҳаллий ва минтақавий сейсмик тармоқларни яратиш учун долзарб ҳисобланади. Такомиллаштирилган тармоқларни ташкил қилишда станциялардаги сейсмик шовқинлар даражасини билиш, асбоб-ускуналарнинг сезгирлигини (минимал ва максимал имкониятлари) таҳлил қилиш ва тармоқни ривожлантиришни илмий асосланган режаларини тузиш имконини беради.

Ўзбекистон ҳудуди $\varphi=38,80\div 45,50$ ШК ва $\lambda=56,0\div 73,20$ ШУ координаталари билан чегараланган. Ҳудудда 40 та сейсмик станция мавжуд бўлиб, бир текисда жойлашмаган. Шу сабабли, Ўзбекистонда сейсмологик станциялар тармоғини такомиллаштириш вазифасини қуйидаги иккита вариант бўйича таъминлаш мумкин:

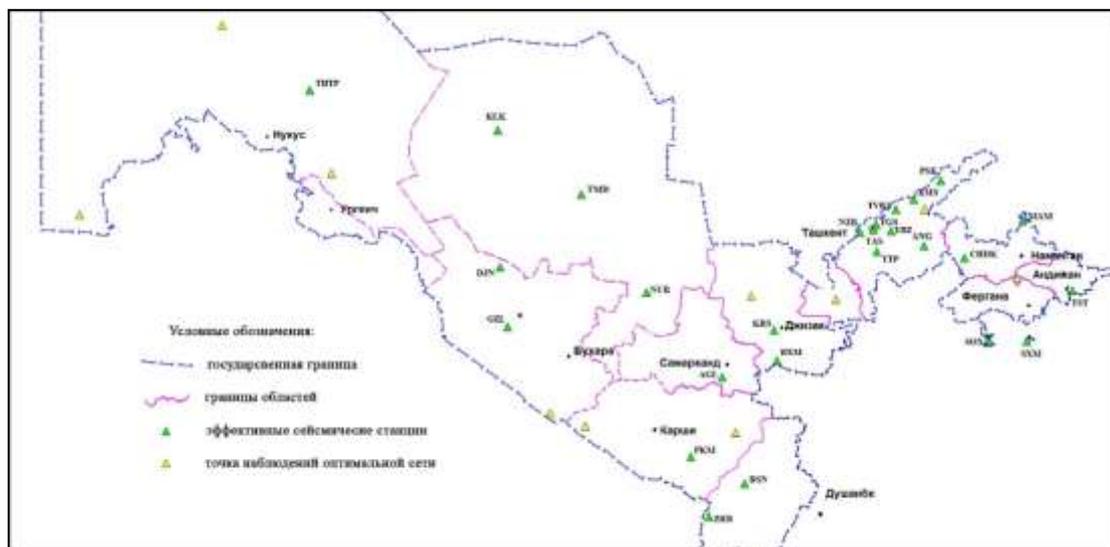
1-вариант: Мавжуд станцияларнинг умумий сонидан маълум бир магнитудали зилзилаларни тўлиқ қайд этишини таъминловчи самарали станцияларнинг оптимал тўпламини танлаш;

2-вариант: Сейсмоген зоналарни ҳисобга олган ҳолда бир вақтнинг ўзида оптимал кузатувлар пунктларини қўшган ҳолда мавжуд тармоқдан самарадорлиги паст станцияларни бошқа жойга кўчириш.

Мавжуд станцияларнинг умумий сонидан самарали станцияларнинг оптимал тўпламини танлаш учун сейсмик станцияларнинг жойлашуви (чўкинди жинс ёки қояли жинс) ва шовқин даражасининг спектрал таҳлилига эътибор қаратилган. Сейсмик шовқиннинг спектрал таҳлили шуни кўрсатдики, сейсмик станцияларнинг 65% паст ва ўрта шовқин даражалари билан характерланади.

Сейсмик кузатувлар тармоғини баҳолаш натижасида 40 та сейсмик станциядан 26 та самараси юқори бўлган станциялар ажратиб олинди.

Биринчи вариант бўйича юқори самарали станциялар асосида ушбу тармоққа янги станциялар қўшилади. Тармоққа янги станцияларни қўшишда қўшни Республикалардаги чегараолди станцияларини жойлашиш жойи ва Ўзбекистон Республикасидаги сейсмоген зоналар ҳисобга олинган. Шундай қилиб, 2-вариант учун олинган такомиллаштирилган тармоқ 37 та станциядан иборат (5-расм).



5-расм. Такомиллашган сейсмик кузатувлар тармоғи

Мавжуд ва такомиллаштирилган тармоқларнинг имкониятларини солиштириш учун такомиллаштирилган тармоқни зилзилаларнинг ўчоғидаги вақти, чуқурлиги ва эпицентр координатасини аниқлашдаги хатоликлари ҳисоблаб чиқилди.

Такомиллаштирилган тармоқ учун Ўзбекистон ҳудудида зилзилалар эпицентрларини аниқлашда максимал хатолик 5 км дан, чуқурлиги 6 км дан, зилзила ўчоғи вақти эса 1с-1.2с дан ошмайди.

Шуни таъкидлаш керакки, сейсмик кузатувлар тармоғи такомиллаштириш натижасида, Республика бўйича зилзилалар эпицентрини аниқлашдаги хатоликлар икки баробарга (Ғарбий Ўзбекистонда 3 баробар), чуқурлиги бўйича хатоликлар Ғарбий Ўзбекистон учун уч баробарга камайган. Зилзила ўчиғининг вақтини аниқлашдаги хатоликлар ўзгаришсиз қолган.

ХУЛОСА

Ўтказилган илмий-тадқиқот ишлари асосида қуйидаги илмий натижалар олинган:

1. Ўзбекистон Республикаси шароитида биринчи марта турли хил энергияга эга бўлган зилзилалар учун грунтнинг тебраниш тезлиги ва уларнинг спектрал амплитудаларини масофа бўйича сўнишининг минтақавий боғлиқликлари олинган.

2. Грунтнинг тебраниш тезлиги амплитудаларини масофа бўйича сўнишининг минтақавий боғлиқликларидан фойдаланган ҳолда зилзилаларни қайд этишнинг қуйи чегараси магнитудалар орқали баҳоланган ҳамда сейсмик кузатувлар тармоғи бўйича зилзилалар координатаси, чуқурлиги ва зилзила ўчоғи вақтини аниқлашдаги хатоликлари ҳисобланган.

3. Олиб борилган таҳлил натижалари шуни хулоса қилиш имконини бердики, станциянинг самарадорлиги унинг жамланма каталогни тузишда қўшган ҳиссаси ҳамда сейсмик шовқиндан ташқари кўплаб омилларга боғлиқ. Жумладан, станциянинг сейсмик фаол зоналарга нисбатан жойлашуви, асбоб-ускуналарни сифати, маълумотлар маркази билан каналларни сифатига боғлиқ. Ҳозирда 15 та сейсмик станциялар – Шохимардон (SXM), Чимён (CHM), Тошота (TSHT), Мамай (MAM), Товоқсой (TVKS), Томдибулоқ (TMD), Сох (SOH), Агалик (AGL), Хумсон (XMS), Ангрэн (ANG), Қорасой (KRS), Зарабоғ (ZRB), Кулқудук (KLK), Бахмал (BHML) ва Жонгелди (DJN) минтақавий мониторингда энг юқори самарадорликни намоён этмоқда.

4. Сейсмик шовқинларни ўрганиш шуни кўрсатдики, сейсмик станцияларнинг 35% тўғри ўрнатилган, чунки, қояли жинслар устида жойлашган, шунинг учун, бу станцияларда шовқин даражаси моделнинг қуйи даражасига яқин, аҳоли яшайдиган жойлардан узоқда жойлашган сейсмик станцияларнинг 30% ўртача шовқин даражаси билан тавсифланади. Қолган сейсмик кузатув пунктлари (35%), юмшоқ бириккан ҳамда бирикмаган жинсларда ва шаҳарларда жойлашган бўлиб, юқори шовқин даражаси билан ажралиб туради.

5. Содир бўлаётган зилзилаларнинг координаталарини тезкорлик билан аниқлаш ва минимал магнитудали зилзилаларни қайд этиш билан боғлиқ муаммоларни самарали ҳал қилиш учун сейсмометрик кузатувлар тармоғи такомиллаштирилган. Сейсмик кузатувлар тармоғини такомиллаштириш натижасида, Республика бўйича зилзилалар эпицентрини аниқлашдаги хатоликлар икки баробарга (Ғарбий Ўзбекистонда 3 баробар), чуқурлиги бўйича хатоликлар Ғарбий Ўзбекистон учун уч баробарга камайган.

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

ИНСТИТУТ СЕЙСМОЛОГИИ

КУЧКАРОВ КАХРАМОН ИСРАИЛОВИЧ

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕТИ СЕЙСМИЧЕСКИХ
НАБЛЮДЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

04.00.06 – Геофизика. Геофизические методы поиска полезных ископаемых

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по физико-математическим наукам

Ташкент-2022

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером В2021.4.PhD/FM667

Диссертация выполнена в Институте сейсмологии.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.seismos.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:	Артиков Турдали Усманиевич доктор физико-математических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Туйчиев Ахмаджон Исмаилович доктор физико-математических наук Алимухамедов Илхом Мизратович кандидат геолого-минералогических наук
Ведущая организация:	Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека

Защита диссертации состоится «31» мая 2022 г. 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).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института сейсмологии им.Г.А.Мавлянова (регистрационный номер №1145. (Адрес: 100128, г. Ташкент, ул. Зулфияхоним, 3. Тел.: (99871) 241-51-70).

Автореферат диссертации разослан «13» мая 2022 года
(реестр протокола рассылки №9 от «13» мая 2022 года)

К.Н.Абдуллабеков

Председатель научного совета по присуждению
ученых степеней, д.ф.-м.н., академик

З.Ф.Шукуров

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

С.Х.Максудов

Председатель научного семинара при Научном
совете по присуждению ученых степеней, д.ф.-м.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мировой практике по результатам сейсмометрических исследований особое внимание уделяется обеспечению сейсмической безопасности населения и территорий, изучению глубинного строения земли, глубинных геодинамических процессов, оценке сейсмической опасности крупных промышленных объектов и плотин, проектированию сейсмоустойчивых зданий в сейсмоактивных районах. На сегодняшний день создание сети сейсмических наблюдений, позволяющих регистрировать параметры землетрясений с высокой точностью, имеет большое значение и позволяет решить ряд неотложных задач, направленных на обеспечение сейсмической безопасности населения и территории.

В настоящее время в странах, расположенных в сейсмоактивных регионах мира, с целью полного контроля напряженно-деформированного состояния земной коры проводятся научно-прикладные исследования по повышению точности сейсмических наблюдений и разработке методов оперативного определения параметров произошедших землетрясений. В связи с этим особое внимание уделяется созданию систем раннего оповещения государственных органов и населения в этой сфере позволить снизить потенциальный ущерб от землетрясений.

В нашей Республике реализуются целенаправленные меры по защите населения и территории республики от сейсмической опасности. Создаются условия для проведения научно-исследовательских работ в области сейсмологии и сейсмостойкого строительства на уровне мировых стандартов. Укрепляется материально-техническая база сети станций, используемых для оценки сейсмической опасности и регистрации предвестников землетрясений. В «Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» определены задачи по «...обеспечению жизнедеятельности населения в экологически безопасной среде...»¹. В связи с этим организация сейсмического мониторинга на территории республики и трансграничных зон, а также на природно- и техногенно-опасных территориях и важных объектах, для ликвидации последствий при наличии риска возникновения сильных и разрушительных землетрясений имеет важное значение при решении широкого круга задач, направленных на обеспечение сейсмической безопасности населения и территории.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в указах и постановлениях Президента Республики УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», №УП-5066 от 1 июня 2017 г. «О мерах по коренному повышению эффективности системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций», № ПП-3190 от

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. № УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

9 августа 2017 года «О мерах по совершенствованию проведения научных исследований в области сейсмологии, сейсмостойкого строительства и сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан» и №ПП-4794 от 30 июля 2020 г. «О мерах по коренному совершенствованию системы обеспечения сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. Об актуальности работ в этом направлении свидетельствует ряд публикаций прошлого века, связанных с оценками эффективности сетей сейсмических наблюдений как в глобальных (Кондорская, Аранович 1970, 1971, 1972), так и в региональных масштабах (Дубинская 1972).

Работы З.И. Арановича, И.Б. Дубинского посвящены оценке координат эпицентров землетрясений для регионов ограниченных масштабов со сравнительно малым числом вводимых данных. В этих работах, в зависимости от дислокации существующих и проектируемых станций, и ошибок S-P на станциях, на основе полученного аналитического решения оцениваются погрешности в определении координат эпицентров и глубины для всевозможных комбинаций из трех станций. Сравнение результатов при этом идёт по экстремальным значениям погрешностей.

В 1965 году (Skoko D., Sato U., Ochi U.) разработан алгоритм по определению погрешностей в определении координат очага землетрясения, времени в очаге и скорости распространения волны в зависимости от дислокации сейсмических станций при условии, что число станций $n=5$.

В Узбекистане научные исследования по оценке эффективности сети сейсмических наблюдений проведены на основе нового алгоритма З.И.Арановича, Т.У.Артикова, В.И.Уломова, Р.Н.Ибрагимова и др., которые изучили определение энергетической представительности и исследовали погрешности определения координат очагов близких землетрясений сетями сейсмических наблюдений Средней Азии.

В последние годы оценка эффективности сети сейсмологических наблюдений и её оптимизации по всему миру оценивается с использованием новых критериев оптимальности линейных планов В.Ю.Бурмина.

Связь диссертационного исследования с научно-исследовательскими работами учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских проектов Института сейсмологии АН РУз по теме: Ф8-ФА-0-13038 «Выявление закономерностей протекания сейсмического

процесса в различных сейсмотектонических условиях в целях развития теории сейсмодинамического районирования» (2012 – 2016 гг.).

Целью исследований является оценка эффективности и оптимизация сети сейсмических наблюдений Республики Узбекистан для решения задач, направленных на обеспечение сейсмической безопасности в республике.

Задачи исследования:

выявление региональных зависимостей затухания с расстоянием скоростей колебаний грунта и их спектральных амплитуд;

оценка эффективности региональной сейсмической станции республики;

оценка эффективности сети региональных сейсмических наблюдений Республики;

оптимизация сети региональных сейсмологических наблюдений Республики.

Объектом исследования являются сеть региональных сейсмологических наблюдений Республики.

Предметом исследования - региональные закономерности затухания скоростей колебаний грунта с расстоянием от очага землетрясений различного энергетического уровня, регистрационные возможности действующей сети сейсмометрических наблюдений и возможности ее оптимизации.

Методы исследования. Используются из алгоритмов магнитудной представительности регистрации землетрясений, погрешностей в определении координат эпицентров, глубины и времени в очаге землетрясений, методов сфер и гиперболоидов при определении эпицентра землетрясения, при анализе сейсмических данных программы SeisComP3 и EL-WIN.

Научная новизна заключается в следующем:

получены новые региональные зависимости затухания с расстоянием скоростей колебаний грунта и их спектральных амплитуд для землетрясений различного энергетического уровня;

разработан алгоритм для расчета магнитудной представительности регистрации землетрясений;

оценена регистрационных возможностей землетрясений действующей сети сейсмологических наблюдений, погрешностей в определении координат эпицентров, глубины и времени в очаге землетрясений;

оценена эффективность региональных сейсмических станций Республики;

разработана оптимальная сеть региональных сейсмометрических наблюдений Республики.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

построен новый комплекс карт магнитудной представительности регистрации землетрясений M_{3min} , M_{6min} и M_{40min} , на основе получены региональные зависимости затухания с расстоянием амплитуд скоростей колебаний грунта;

создана система доведения до государственных органов и населения наиболее полной информации о происшедшем землетрясении.

создана возможность регистрации происшедших землетрясений магнитудой два и выше ($M \geq 2,0$) в сейсмоактивных зонах республики

Достоверность результатов исследования. Достоверность полученных данных обеспечена анализом информацией 40 сейсмических станций республики и 10 станции Центрально-Азиатской сети, семь из которых (Терек Сай – TRKS, Аркит – ARK, Арсланбоб – ARSB, Ош – ОНН, Суфи-Курган – SFK, Дараут-Курган – DRK и Баткен - ВТК) расположены на территории Кыргызстана, три (Гарм – GRM, Симиганж – SIMI и Гезен - GZN) – на территории Таджикистана

Научная и практическая значимость результатов исследования:

Научная значимость результатов исследования заключается в получении региональных зависимостей затухания с расстоянием скоростей колебаний грунта и их спектральных амплитуд для землетрясений различного энергетического уровня, в оценке эффективности и оптимизации сети сейсмометрических наблюдений в Республике, составляющей основу мониторинга сейсмичности и проведения оценок сейсмической опасности территории Узбекистана.

Практическая значимость результатов исследований служит при определении динамики и кинематики волн от землетрясений, а также на оценку сейсмического риска разного масштаба при строительстве важных экономических объектов на природно- и техногенно-опасных территориях.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов оценки эффективности сети сейсмических наблюдений Республики Узбекистан:

новые эмпирические закономерности затухания амплитуд скоростей колебаний грунта различной интенсивности с расстоянием выявленные на основе цифровых данных наблюдений внедрены в деятельность Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Узбекистан (Справка №2/4/24-3036 от 30 октября 2021 г. Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Узбекистан). В результате повысилась точность расчета силы (по магнитуде) землетрясений, происходящих в республике и прилегающих территориях;

результаты оценки возможности регистрации слабых землетрясений сетью сейсмических наблюдений и расчеты погрешностей при определении координат эпицентров, глубины и времени в очаге землетрясений по сети сейсмических наблюдений внедрены в деятельность Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Узбекистан (Справка №2/4/24-3036 от 30 октября 2021 г. Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Узбекистан). В результате удалось снизить погрешности определения параметров землетрясений в республике и прилегающих территориях;

в результате оценки эффективности сети сейсмических наблюдений из 40 сейсмических станций были выбраны 26 высокоэффективных станций,

сеть сейсмических наблюдений оптимизирована за счет открытия дополнительных станций и была внедрена в деятельность Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Узбекистан (Справка №2/4/24-3036 от 30 октября 2021 г. Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Узбекистан). В результате удалось определить параметры землетрясений с высокой точностью и удвоить в два раза возможности регистрации слабых землетрясений для территории Западного Узбекистана.

Апробация результатов исследования. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 3 международных и 3 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследований. По теме диссертации опубликованы 14 научных работ, из них 6 научных статей, в том числе 5 в республиканских и 1 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 107 страницы.

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 **«Сейсмичность территории Узбекистана и основные этапы развития сейсмических наблюдений»**, охарактеризована сейсмичность территории Узбекистан, сейсмическое районирование Республики и сейсмичность города Ташкента, а также подробно представлена информация об этапах развития сейсмических наблюдений в Республике, состояние сети сейсмических наблюдений в настоящее время, система обработки сейсмологической информации и сейсмологическое программное обеспечение.

Территория Республики Узбекистан включает в себя западное окончание Тянь-Шанской горной системы и Туранскую платформу. Эта огромная территория характеризуется неоднородным проявлением сейсмичности, обусловленной сложным геодинамическим взаимодействием литосферных плит. Поэтому проблема обеспечения сейсмической безопасности территории Узбекистана весьма актуальна.

На территории Узбекистана существует несколько сейсмоактивных зон, направления которых совпадают с линиями простираения крупных

тектонических разломов земной коры, способных генерировать землетрясения с магнитудой $M \geq 5$. На территории Узбекистана и в сопредельных с ним областях, как за исторический период времени, так и на современном этапе, неоднократно происходили землетрясения с магнитудой $M \geq 7$ и интенсивностью сотрясений в эпицентре $I = 9-10$ баллов.

В качестве модели источников землетрясений при оценке сейсмической опасности рассматривались установленные зоны активных разломов земной коры – сейсмогенерирующие зоны. На территории Узбекистана выделены порядка 30 зон возможных очагов сильных землетрясений.

Нормативной картой общего сейсмического районирования территории Узбекистана является карта ОСР-2017, выражающая сейсмическую опасность территории республики в баллах макросейсмической шкалы MSK-64, построенная для вероятности $P=0.98$ не превышения интенсивности уровня сейсмического воздействия в течение 50 лет.

Инструментальные сейсмометрические наблюдения в Узбекистане начали развиваться с начала прошлого века. Впервые инструментальные наблюдения за землетрясениями стали проводиться в Центральной Азии с момента открытия в Ташкенте сейсмической станции в 1901 году. Мониторинг сейсмических событий до 2006 г. осуществлялся в Узбекистане на основе аналоговой (гальванометрической) регистрации, а с 2006 г. - на основе цифровой регистрации. Основной задачей сейсмической сети на территории Узбекистана была регистрация близких землетрясений.

В настоящее время в Республике работают 40 сейсмических станций, каждая из которых оснащена современными цифровыми сейсмическими приборами. Обработка сейсмических данных осуществляется с помощью двух типов программ:

- оперативная обработка землетрясений производится с использованием программы SeisComP3, разработанной в Германии Потсдамским центром имени Гельмгольца (GFZ) — Германский центр исследования Земли;

- сводная обработка землетрясений по республике ведется с использованием программы EL_WIN, разработанной в Единой Геофизической службе РАН.

Во второй главе диссертации «Региональные закономерности затухания скоростей колебаний грунта и их спектральных амплитуд» проведен анализ велосигграмм землетрясений с $M=3.8-6.2$, произошедших на территории Узбекистан и в прилегающих к нему областях, а также спектров записей этих землетрясений. Получены региональные зависимости затухания амплитуд скоростей колебания грунта и их спектральных составляющих с расстоянием для землетрясений различного энергетического уровня.

Характер затухания сейсмических волн зависит от особенностей скоростного строения земной коры, геологических особенностей региона, теплового потока, глубины залегания очагов землетрясений и т.д. Это не позволяет создать международную стандартизованную калибровочную функцию локальной магнитуды (M_L) для определения энергетической

величины местных землетрясений. Однако, исходное определение шкалы M_L позволяет унифицировать процедуру расчета калибровочной функции с учетом местных условий.

До 2012 г. оценка магнитуды местных землетрясений в Республике Узбекистан проводилась с использованием эмпирической номограммы, приведенной к энергетическому классу по Т.Г. Раутиан, КР. Данная шкала не имеет принципиальных отличий от локальной магнитуды Рихтера и связь между ними имеет вид:

$$K = \begin{cases} 1.8 * M + 4.0, & M < 5.5 \\ 1.5 * M + 5.6, & M \geq 5.5 \end{cases}$$

Эквивалентом данной номограммы является калибровочная функция:

$$M_{KP} = \lg V + 2.45 * \lg \Delta - 5.39$$

где V – максимальная амплитуда поперечных волн в нм/с, Δ эпицентрально-эпифокальное расстояние в км.

Тем не менее, в нем имеется несколько существенных недостатков, которые могут приводить к ошибке в определении магнитуды. Во-первых, исходная номограмма класса Т.Г. Раутиан строилась по данным региональной сети наблюдений, а ее экстраполяция на близкие расстояния не учитывает местных характеристик затухания сейсмических волн. Во-вторых, в практике рутинной обработки не учитываются стационарные поправки к магнитуде.

Для построения региональных зависимостей затухания скоростей колебаний грунта с расстоянием от землетрясений различного энергетического уровня анализировалась компонента велосигграмм, имеющая наибольшую амплитуду поперечной и продольной волны. Рассматривались записи со станций, расположенных не далее 500 км от эпицентра. Вся совокупность анализируемых землетрясений была разбита на несколько магнитудных групп, с шагом дискретизации 0,5М. Для примера на рисунке 1 показаны массивы экспериментальных данных (v , R) для землетрясений магнитудных групп $M=4,0-6,0$, происшедших в пределах Ферганской межгорной впадины.

Для каждой магнитудной группы методом наименьших квадратов были построены зависимости $\lg v = a - b \lg R$, где v – максимальное значение амплитуды S-волны (в микронах в секунду), R –эпицентрально-эпифокальное расстояние (в километрах).

Объединяя эти зависимости в единую, для землетрясений с магнитудами $M=3-7,5$ были получены следующие выражения, связывающие амплитуду скоростей колебаний грунта с расстоянием для различных магнитуд:

$$\lg v = \begin{cases} M - 1.7 * \lg R + 0.91, & 10 < R \leq 100 \text{ км} \\ M - 2.35 * \lg R + 2.26, & 100 < R \leq 500 \text{ км} \end{cases}$$

Для построения региональных зависимостей затухания скоростей

колебаний грунта (по продольным волнам) с расстоянием использовались землетрясения в диапазоне магнитуд $M=3.8-6.0$, произошедшие на эпицентральных расстояниях $R \leq 500$ км от регистрирующих сейсмостанций.

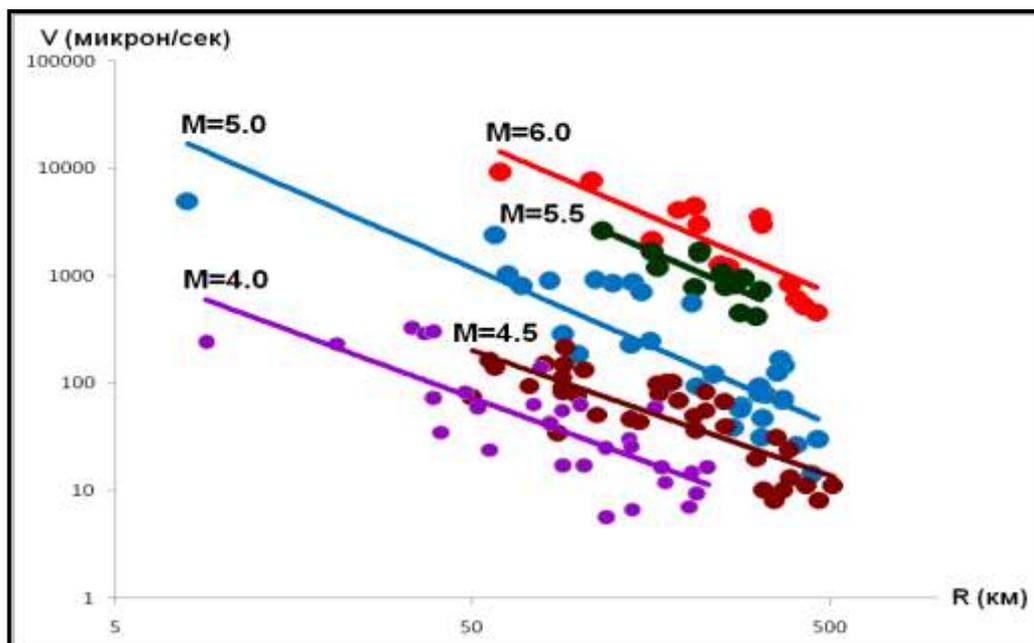


Рисунок 1. Экспериментальные данные затухания амплитуд скоростей колебаний грунта при землетрясениях с магнитудой $M=4-6$ в Ферганской межгорной впадине

Для каждой магнитудной группы методом наименьших квадратов были построены зависимости $lgv = m - b * lgR - c$ где v – значение амплитуды Р-волны (в микронах в секунду), R – эпицентральное расстояние (в километрах).

Объединяя эти зависимости в единую, для землетрясений с магнитудами $M=3,8-6,0$, были получены следующие выражения, связывающие амплитуду скоростей колебаний грунта с расстоянием для различных магнитуд:

$$\begin{cases} lgv = m_b - 1.2 * lgR - 0.5, & 10 \leq R \leq 100 \text{ км} \\ lgv = m_b - 1.2 * lgR - 0.7, & 100 < R \leq 200 \text{ км} \\ lgv = m_b - 1.2 * lgR - 0.9, & 200 < R \leq 400 \text{ км} \\ lgv = m_b - 1.2 * lgR - 1.2, & 400 < R \leq 600 \text{ км} \end{cases}$$

На основе установленных региональных зависимостей затухания скоростей колебаний грунта и их спектральных амплитуд с расстоянием составлены карты сейсмической опасности территории Узбекистана в значениях спектральных амплитуд скоростей колебаний грунта для периодов колебаний $T=0.1$ с, $T=0.3$ с, $T=0.5$ с и $T=1$ с для различных вероятностей P ($P=0.90$; $P=0.95$ и $P=0.98$) не превышения интенсивности сейсмического воздействия в течение 50 лет. Подробные сведения о сейсмической опасности территории Узбекистана можно найти в многочисленных публикациях авторов Т.У. Артикова, Р.С. Ибрагимова и др.

В третьей главе диссертации «Методика расчёта магнитудой

представительности и погрешностей в определении координат очага землетрясения» рассмотрены алгоритмы расчёта магнитудой представительности регистрации землетрясений и ошибок при определении координат эпицентров, глубины и времени в очаге землетрясений. На основе алгоритмов построены карты магнитудной представительности регистрации землетрясений и карты погрешностей в определении координат эпицентров, глубины и времени в очаге землетрясений.

Алгоритмы построения карт магнитудой представительности регистрации землетрясений и погрешностей в определении координат очага землетрясения тесно связаны между собой и представляют два этапа построения общего алгоритма.

Допустим, что в данном регионе минимальное число станций, участвующих в определении координат очага землетрясений, равно m . Для оценки погрешностей каждого участка территории необходимо знать, какие именно станции участвуют в определении координат очага землетрясения. С другой стороны, необходимо знать, какому минимальному уровню магнитуды $M_{m,min}$ соответствует магнитудная представительность регистрации землетрясений изучаемого района по данным этих же станций. Естественно, $M_{m,min}$ определяются по данным регистрации самой «грубой» из всей последовательности станций $(1.....m)$, участвующих в определении координат очагов землетрясений этого района. Если магнитуда землетрясений данного района $M_{m2,min} > M_{m1,min}$, то в определении координат очага этого землетрясения уже не m_1 , а m_2 станций, $M_{m2,min}$ будет определяться чувствительностью самой «грубой» из всех последовательностей станций $m_2 / 1..... m_2/$. Очевидно, что ошибки в определении координат очага землетрясения с $M_{m1,min}$ будут другими по сравнению с ошибками, соответствующими землетрясению с $M_{m2,min}$ для одного и того района.

Таким образом, наблюдается непосредственная зависимость между величиной $M_{m1,min}$ и ошибками в определении координат очага землетрясения, вплоть до $M_{n,min}$, где $M_{n,min}$ – минимальная магнитуда землетрясения данного района, зарегистрированный самой «грубой» станцией из всей последовательности станций $n / 1..... n/$, где n - число станций всего региона на данном этапе.

Допустим, что самой «грубой» из станций $m / X_j, Y_j/$ последовательности $1..... m$, участвующих в определении координат очага землетрясений $/X_0, Y_0, H_0/$, амплитуда записи в волне P равно $A_{p,min}$ (в мк/с) ($A_{p,min}$ – минимальная амплитуда записи в волне P , позволяющая выделить её на фоне помех). В этом случае амплитуда скорости колебания грунта на этой станции $A_{p,min}$ в микрометр/с будет:

$$A_{p,min} = \frac{C_s * V}{K_u * S_d * 2^{A/D \text{ bit}-1}} * 10000$$

C_s – значения выходного сигнала (уровень микросейсмических шумов) аналого-цифрового преобразователя;

полигонах, которые соответствуют районам концентрации сейсмических станций достаточно высокой чувствительности.

Заметим, что M_{3min} основных сейсмоактивных зон региона существенно различаются. Так, если M_{3min} для Восточного и Приташкентского полигонов соответствует уровню $1,9 \div 2,2$, то для Южного полигона превышает этот уровень на $0,4 \div 0,6$, а для Западного полигона на $1,0-1,4$ ед. магнитуды.

Кроме того, процесс изучения слабой сейсмичности показал, что около 47% существующих сейсмических станций практически не участвуют в регистрации землетрясений на уровне M_{3min} «не выдерживая конкуренции» с более чувствительными станциями региона, хотя и расположены на небольших расстояниях от очагов землетрясений. Это позволяет поставить вопрос о целесообразности их существования в нынешнем состоянии.

Также, при определении погрешности координат эпицентров, глубины и времени в очаге землетрясений использованы алгоритмы В.Ю. Бурмина и Т.У. Артикова.

Для расчета погрешности координат эпицентра, прежде всего оценена представительность регистрации землетрясений с учетом реального сейсмического шума каждой станции. Расчеты показали, что современная сеть сейсмологических наблюдений Узбекистана регистрирует (в диапазоне координат $\varphi=38^0 \div 43^0$ СШ и от $\lambda=63^0 \div 74^0$ ВД) без пропусков землетрясения магнитудой $M \geq 2,7$. На следующем этапе была оценена погрешность определения координат эпицентров, глубины и времени в очаге землетрясений. В этой главе рассчитаны ошибки определения эпицентрального расстояния ($\partial\Delta$), глубины (∂h) и времени в очаге (∂t) для землетрясений магнитудой $M \geq 2,7$. Максимальные погрешности определения времени вступления сейсмических волн на большей части территории Узбекистана задавались равными 1с, ошибки определения глубины гипоцентров - 15 км, а ошибки определения эпицентров не превышают 5 км.

Как показывают расчеты, максимальные значения погрешности в координатах для рассматриваемого района изменяются от 5 до 40 км. Минимальные значения погрешности, как и следовало ожидать, соответствуют центральной части Ферганского, Приташкентскому, Самаркандскому и Южной геодинатическим полигонам Узбекистана, где наблюдается равномерное окружение станциями эпицентры. Максимальные значения соответствуют северо-западным и западным районам рассматриваемой территории.

В настоящее время наибольшие ошибки наблюдаются при определении глубины очага землетрясения. Погрешность глубины очага получается минимальной при расположении одной из сейсмических станций вблизи эпицентра и резко возрастает по мере возрастания минимального эпицентрального расстояния. В некоторых случаях погрешности ∂h могут несколько раз превосходить значения глубины очага. Значения вероятностных ошибок ∂h на рассматриваемой территории варьируют от 4 до 40 км.

Как показали расчеты, погрешность определения времени в очаге землетрясений для основной части региона варьирует в интервале между 1 и 1,2 с, в зависимости от расстояния регистрирующих станций по отношению к рассматриваемым эпицентрам. Большая погрешность в определении времени в очаге землетрясений Западной части Узбекистана.

В четвертой главе диссертации **«Оценка эффективности сети сейсмических наблюдений Узбекистана и её оптимизация»** приведены результаты оценки эффективности сейсмических станций и поиск путей ее оптимизации.

В последние годы сеть сейсмических наблюдений Республики Узбекистан получила значительное развитие. Открыты несколько новых сейсмических станций, создана сеть сильных движений, установлены широкополосные трехкомпонентные сейсмометры и акселерометры.

Одним из важнейших критериев эффективности работы станций является уровень сейсмического шума. Во время эксплуатации станций для повышения эффективности обработки сейсмических данных исследуют модели шума и его вариаций. Важным аспектом изучения шума является мониторинг состояния регистрирующих каналов сейсмических станций.

Проведенные исследования сейсмических помех показали, что 35% сейсмических станций установлены правильно, т.к. расположены на скальных породах, поэтому на этих станциях уровень шумов близок к нижнему уровню модели, а 30% сейсмических станций, расположенные далеко от населённых пунктов, характеризуются средним уровнем шума. Остальные пункты сейсмических наблюдений (35%), расположенные на мягких связных и несвязных породах и в городах, характеризуются высоким уровнем шума.

Кроме того, оценка эффективности работы сейсмических станций на региональных расстояниях проводили с использованием каталога Республиканского центра сейсмопрогностического мониторинга (РЦСМ) за 2020гг. В 2020 г. в составлении сводного каталога землетрясений РЦСМ использовались данные 40 сейсмических станций. В 2020 для создания сводного каталога землетрясений использованы 10 станции Центрально-Азиатской сети, семь из которых (Терек Сай – TRKS, Аркит – ARK, Арсланбоб – ARSB, Ош – ОНН, Суфи-Курган – SFK, Дараут-Курган – DRK и Баткен - ВТК) расположены на территории Кыргызстана, три (Гарм - GRM и Гезен - GZN) – на территории Таджикистана. В 2020 г. было зарегистрировано 87 771 сейсмических событий с помощью 40 сейсмических станций.

Проведенный анализ показал, что станция Шахимардан (SXM) уверенно лидирует – данные этой станции использовались при обработке почти 45% событий из каталога землетрясений. Немного уступает ей станция Чимион (СНМ) – ее данные использовались при обработке записей примерно 41% событий. Остальные станции значительно отстают от них. Замыкают график станции, расположенные в крупных городах (Наманган, Андижан, Самарканд, Ташкент, Байсун и Жиззах) (рис.3).

При оценке эффективности станций необходимо иметь в виду еще и то обстоятельство, что сейсмические станции могут располагаться в регионах с различным уровнем сейсмической активности. Например, станция Шахимардан (SXM) и Чимион (CHM) располагаются в регионе с очень высоким уровнем сейсмической активности в отличие, например, от станции Мангит (MNGT), Тахтакупир (THTP). Именно этим обстоятельством можно объяснить большое число зарегистрированных ими событий. Важной характеристикой для станций является ее чувствительность при регистрации сейсмических событий, вне зависимости от того, в активном или спокойном регионе она находится.

Также, для более корректного определения эффективности станций необходимо учитывать, что в течение года по ряду причин (поломка, перебои в каналах связи, модернизация) станция могла не посылать свои данные, и, соответственно, не участвовать в составлении каталога. Поэтому участие каждой станции в составлении каталога было пересчитано с учетом поступления данных и ее местоположения на геодинамическом полигоне. (рис.4).

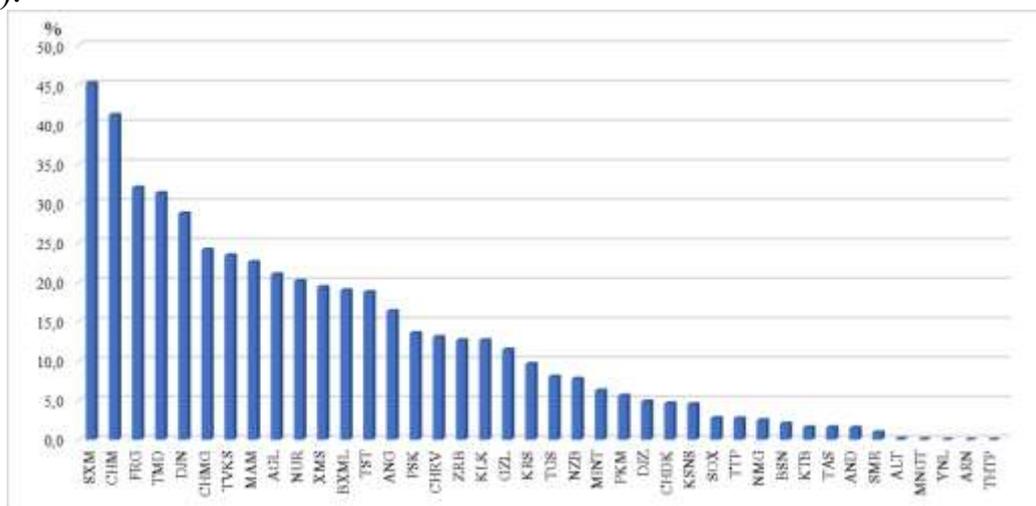


Рисунок 3. Участие станций в составлении каталога землетрясений за 2020 г

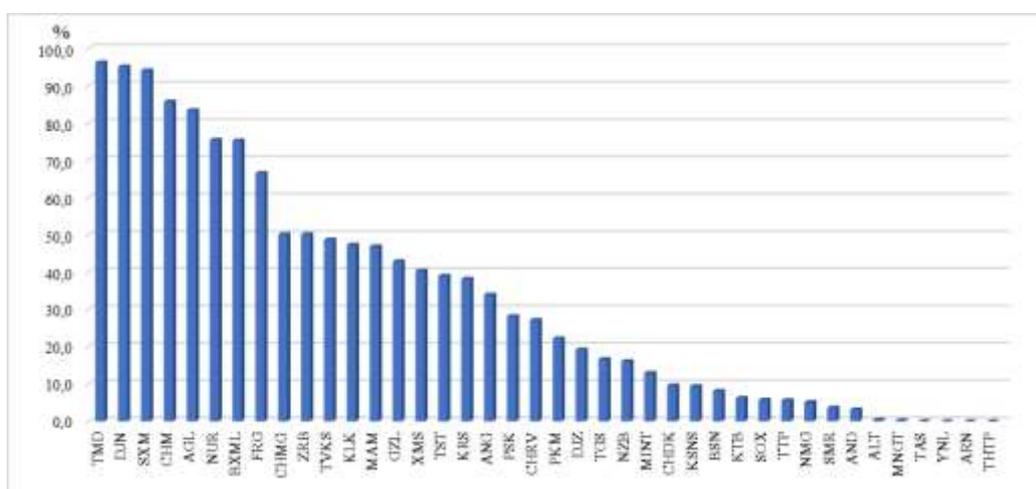


Рисунок 4. Участие станций в составлении каталога землетрясений с учетом место расположения на геодинамических полигонах за 2020 г

После пересчета участия станции в составлении каталога землетрясений Тамдыбулак (TMD), Жангелды (DJN) и Чимион (CHM) сохранили лидерство. Значительно улучшились показатели трех станций сети (Агалык (AGL), Нурата (NUR) и Бахмал (BXML)), расположенные в центральной части Узбекистана.

Проведенный анализ позволяет заключить, что эффективность работы станции, оцениваемая по ее вкладу в составлении сводного каталога, зависит от многих факторов кроме сейсмических шумов. Например, расположение станции относительно сейсмоактивных зон, качество оборудования, установленного на станции, качество каналов связи с Центром данных. В настоящее время при осуществлении регионального мониторинга наивысшую эффективность демонстрируют пятнадцать сейсмических станций – Шахимардан (SXM), Чимион (CHM), Ташата (TSHT), Мамай (MAM), Таваксай (TVKS), Тамдыбулак (TMD), Сох (SOH), Агалик (AGL), Хумсон (XMS), Ангрэн (ANG), Карасай (KRS), Зарабаг (ZRB), Кулкудук (CLK), Бахмал (BXML) и Жонгелди (DJN). Большой вклад также вносят в составлении каталога станции сети Кыргызстана, а также станция Гарм (GARM) Таджикистана. Следует отметить, что важность станции определяется не только ее чувствительностью или числом регистрируемых событий. Например, станции Фергана (FRG), Наманган (NMG), Ташкент (TAS), Самарканд (SMR) и Жиззах (DJZ) расположены в крупных городах, и, соответственно, имеют невысокую чувствительность из-за высокого уровня сейсмических шумов. Однако их данные неоценимы при мониторинге сильных и ощутимых землетрясений в таком стратегическом месте, как крупнейшие мегаполисы страны.

Существующая ситуация – неоднородность возможности сети сейсмических наблюдений по республике требует проведение оптимизации сети. Эта задача является актуальным для создания локальных и региональных сейсмических сетей в эпицентральных областях сильных землетрясений. При организации оптимальных сетей знание уровня сейсмического шума на станциях позволяет проанализировать чувствительность аппаратуры (минимальная и максимальная) и проводить научно обоснованное планирование развития сети.

Таким образом, цель настоящей главы – отработка методики создания оптимизированных систем сейсмических наблюдений. Рассмотрим некоторые примеры для Узбекистана, полученные на основе этой методики.

Территория Узбекистана, ограничена координатами $\varphi=38,80\div 45,50$ СШ и $\lambda=56,0\div 73,20$ ВД. На площади расположены 40 сейсмических станций, причем очень неравномерно по плотности. В связи с этим, задачу оптимизации сети сейсмологических станций Узбекистана можно постановить по следующим двум вариантам:

Вариант 1: Выбор из всего количества существующих станций оптимальное количество эффективных станций, обеспечивающих регистрацию без пропусков землетрясений с заданной магнитудой;

Вариант 2: Удаление из существующей сети неэффективные станции с одновременным добавлением оптимальных точек наблюдений с учетом сейсмогенных зон.

Для выбора из всего количества существующих станций оптимального количества эффективных станций уделено внимание месту положения (осадочная порода или скальная порода) сейсмических станций и спектральные анализы уровня шумов. Спектральный анализ сейсмического шума показали, что 65% сейсмических станций характеризуются низким и средним уровнем шума.

В результате оценки эффективности сети сейсмических наблюдений было выбрано 26 высокоэффективных станций из 40 сейсмических станций.

На основе высокоэффективных станций по первому варианту в сеть добавляются новые станции. При добавлении к сети новых станций учитывалось место положения приграничных станций соседних Республик и сейсмогенные зоны Республики Узбекистан. Таким образом, полученная оптимальная сеть для варианта 2 состоит из 37 станций (рис.5).

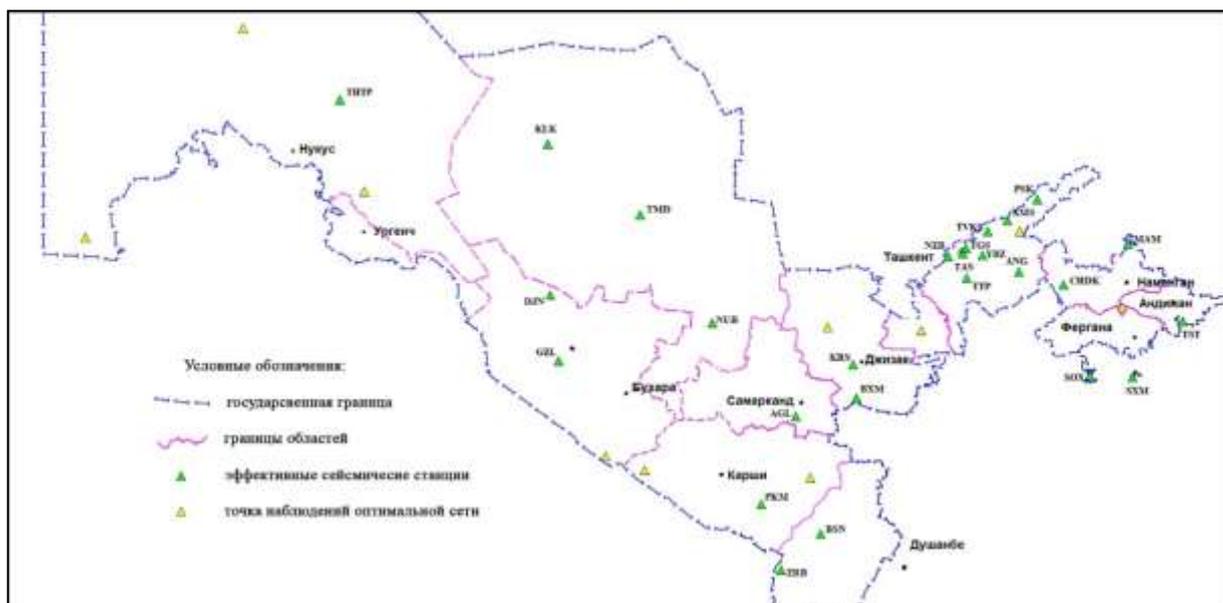


Рисунок 5. Оптимальная сеть сейсмических наблюдений

Для сравнения возможностей существующих и оптимизированных сетей были рассчитаны погрешности в определении координат эпицентров, глубины и времени в очаге землетрясений.

Максимальная погрешность определения эпицентров землетрясений на территории Узбекистан для оптимальной сети не превышают 5 км, глубины - 6 км, а времени в очаге 1 - 1,2 с.

Необходимо отметить, что в результате оптимизации сети сейсмических наблюдений уменьшилась погрешность в определении эпицентра в 2 раза по Республике (в западном Узбекистане в 3 раза), по глубине в 3 раза для

Западного Узбекистана. Погрешности определения времени в очаге землетрясения не изменились.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований сделаны следующие выводы.

1. Впервые для условия Республики Узбекистан получены региональные зависимости затухания с расстоянием скоростей колебаний грунта и спектральных амплитуд для землетрясений различного энергетического уровня;

2. Оценена магнитудная представительность регистрации землетрясений с использованием региональной зависимости затухания амплитуд скоростей колебания грунта и рассчитаны погрешности определения координат эпицентров, глубины и времени в очаге землетрясений по сети сейсмических наблюдений

3. Проведенный анализ позволяет заключить, что эффективность работы станций, оцениваемая по ее вкладу в составление сводного каталога, кроме сейсмических шумов зависит от многих факторов. Например, от расположения станции относительно сейсмоактивных зон, качества оборудования, установленного на станции, качество каналов связи с Центром данных. В настоящее время при осуществлении регионального мониторинга наивысшую эффективность демонстрируют пятнадцать сейсмических станций – Шахимардан (SXM), Чимион (CHM), Ташата (TSHT), Мамай (MAM), Таваксай (TVKS), Тамдыбулак (TMD), Сох (SOH), Агалик (AGL), Хумсон (XMS), Ангрэн (ANG), Карасай (KRS), Зарабаг (ZRB), Кулкудук (KLL), Бахмал (BHML) и Жонгелди (DJN).

4. Проведенные исследования сейсмических помех показали, что 35% сейсмических станций установлены правильно т.к. расположены на скальных породах, поэтому на этих станциях уровень шумов близок к нижнему уровню модели, а 30% сейсмических станций, расположенные далеко от населённых пунктов, характеризуются средним уровнем шума. Остальные пункты сейсмических наблюдений (35%), расположенные на мягких связных и несвязных породах и в городах, характеризуются высоким уровнем шума.

5. Оптимизирована сеть сейсмометрических наблюдений для эффективного решения задач, связанных с оперативным определением координат происходящих землетрясений и регистрации землетрясений минимальной магнитуды. В результате оптимизации сети сейсмических наблюдений уменьшилась погрешность в определении эпицентров в 2 раза по Республике (в западном Узбекистане в 3 раза), по глубине в 3 раза для Западного Узбекистана.

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

KUCHKAROV KAKHRAMON ISRAILOVICH

**EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE SEISMIC
OBSERVATION NETWORK OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN**

04.00.06 – Geophysics. Geophysical methods of mineral prospecting

**ABSTRACT
of the doctor of philosophy (PhD) on physical and mathematical sciences**

Tashkent-2022

The theme dissertation of the doctor philosophy (PhD) registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers in the Republic of Uzbekistan under number B2021.4.PhD/FM667

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) and on the website of «ZiyoNet» information and educational portal (www.ziynet.uz).

Scientific adviser:

Artikov Turdali Usmanalievich

doctor of physical and mathematical sciences, professor

Official opponents:

Tuychiev Ahmadjon Ismailovich

Doctor of physical and mathematical sciences

Alimukhamedov Ilkhom Mizratovich

Candidate of geological and mineralogical sciences

Leading organization:

National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek

The defense will take place «31» may, 2022 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)

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Center of the Institute of Seismology (is registered under №1145). (Address: 100128, Tashkent city, Zulfiyakhonim street, 3 Ph.: +99871-241-51-70).

The abstract of the dissertation is distributed on «13» may 2022.

(register of this distributed protocol from №9 dated «13» may 2022).

K.N.Abdullabekov

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

Z.F.Shukurov

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

S.Kh.Maksudov

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

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is evaluation of the efficiency and optimization of the seismic observation network of the Republic of Uzbekistan for solving problems aimed at ensuring seismic safety in the Republic.

The objects of the research work is regional seismological observations of the Republic.

Scientific novelty of the research work is:

new regional dependences of attenuation with distance of ground vibration velocities and their spectral amplitudes for earthquakes of various energy levels have been obtained;

an algorithm for calculating the magnitude representativeness of earthquake registration has been developed;

an assessment was made of the registration capabilities of earthquakes of the operating network of seismological observations, errors in determining the coordinates of epicenters, depth and time in the source of earthquakes;

the effectiveness of regional seismic stations of the Republic was assessed;

an optimal network of regional seismometric observations of the Republic was developed.

Implementation of research results. Based on the obtained results of evaluating the effectiveness of the seismic observation network of the Republic of Uzbekistan:

on the basis of digital observational data for the territory of Uzbekistan, new empirical patterns of the dependences of the attenuation of the amplitudes of the ground vibration velocities with a distance of various intensities were identified and introduced into the activities of the Ministry of emergency situations of the Republic of Uzbekistan (reference No 2/4/24-3036 October 30, 2021, Ministry of emergency situations of the Republic of Uzbekistan). As a result, the accuracy of calculating the strength (in magnitude) of earthquakes in the republic and adjacent territories has increased;

the results of assessing the possibility of registering weak earthquakes by a seismic observation network and calculating errors in determining the coordinates of epicenters, depth and time in the source of earthquakes using a network of seismic observations have been introduced in the activities of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan (reference No 2/4/24-3036 October 30, 2021, Ministry of emergency situations of the Republic of Uzbekistan). As a result, it was possible to reduce the errors in determining the parameters of earthquakes in the republic and adjacent territories;

as a result of assessing the effectiveness of the seismic observation network, 26 highly efficient stations were selected from 40 seismic stations, the seismic observation network was optimized by opening an additional station and were introduced in the activities of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan (reference No 2/4/24-3036 October 30, 2021, Ministry of emergency situations of the Republic of Uzbekistan). As a result, it was possible to find the parameters of earthquakes with high accuracy and double the possibilities of registering weak earthquakes for the territory of Western Uzbekistan.

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 107 pages of the text.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST of PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л., Кучкаров К.И., Мирзаев М.А. Количественные характеристики сейсмической опасности территории Узбекистана в максимальных значениях скоростей колебаний грунта и в их спектральных амплитудах // Геодинамика и тектонофизика. – Иркутск, Россия, 2018. – Т.9. №4. – С. 1173–1188 doi:10.5800/GT-2018-9- 4-0389 (04.00.00; №8).

2. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Кучкаров К.И., Ибрагимова Т.Л., Мирзаев М.А. Вероятностные оценки сейсмической опасности территории Узбекистана в амплитудах скоростей колебаний грунта при землетрясениях // Геология и минеральные ресурсы №2, 2016г, с. 33-37 (04.00.00; №2).

3. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Кучкаров К.И., Ибрагимова Т.Л., Мирзаев М.А. Сейсмическая опасность территории Узбекистана в амплитудах скоростей колебаний грунта при землетрясениях // Доклады АН РУз, -Ташкент: АН РУз. – 2016г. С.61-64 (04.00.00; №5).

4. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л., Кучкаров К.И., Мирзаев М.А. Региональные закономерности изменения спектрального состава скоростей колебаний грунта при землетрясениях и их использование для оценки сейсмической опасности // Доклады Академии наук РУз. – Ташкент, 2018. – №1. – С. 50-55 (04.00.00; №5).

5. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л., Кучкаров К.И., Мирзаев М.А. Сейсмическая опасность территории Восточного Узбекистана в спектральных характеристиках скоростей колебаний грунта // Геология и минеральные ресурсы. – Ташкент, 2018. – №2. – С. 47-55 (04.00.00; №2).

6. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л., Кучкаров К.И., Мирзаев М.А. Количественные характеристики сейсмической опасности территории Узбекистана в максимальных значениях скоростей колебаний грунта и их спектральных амплитудах // Вестник НУУз. – Ташкент, 2018 – 3/1. – С. 325- 330 (04.00.00; №7).

II бўлим (II часть; part II)

7. Мирзаев М.А., Кучкаров К.И. Закономерности изменения спектрального состава скоростей колебаний грунта при землетрясениях и их использование для оценки сейсмической опасности// X Межд. конф. молодых ученых и студентов «Современная техника и технологии в научных исследованиях» – Бишкек, 18-20 апреля 2018 г. – С. 67-73.

8. Кучкаров К.И. Спектральные характеристики сейсмического шума сейсмических станций Узбекистана // Проблемы сейсмологии в Узбекистане - Ташкент: ИС АН РУз. – 2016г. - №11. - С.47-52.

9. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л., Мирзаев М.А., Артиков М.Т., Кучкаров К.И. Закономерности изменения структуры потока сейсмических событий в очаговых зонах сильных землетрясений в период их подготовки // “Статистика и её применения” Материалы республиканской научно-практической конференции. Ташкент-2013 Ташкент «Университет» 2013г С.225-230.

10. Кучкаров К.И. Глобальные изменения сейсмического режима земли в период 1982-2012 гг. // Экологический вестник Ташкент. №8-9, 2014г - С.81-83.

11. Кучкаров К.И. Зилзилаларни прогноз қилишда сейсмостатик маълумотлардан фойдаланиш // Илм фан тараққиётини ва иқтисодиётини инновацион ривожлантириш” Республика ёш олимлар илмий-амалий конференцияси материаллари тўплами. Тошкент 2012 й. 5-декабр. С.157-159.

12. Кучкаров К.И. Фарғона ботиклигининг жанубий ёнбағри қисмидаги окбулоқ майдонинг палеоген даври ётқизикларини геологик тузилиши, нефт ва газга истиқболлиги // Ёшлар ва геологиянинг долзарб муаммолари – Тошкент: УзМУ – 2011г. – С.124-126

13. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Кучкаров К.И., Ибрагимова Т.Л., Мирзаев М.А. Количественные оценки сейсмической опасности территории Узбекистана в амплитудах скоростей колебаний грунта при землетрясениях//Материалы международной научно-технической конференции «Прочность конструкций. Сейсמודинамика зданий и сооружений» 12-14 сентября 2016 г. Ташкент. С.72-74.

14. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л., Кучкаров К.И., Мирзаев М.А. Оценки сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана в спектральных амплитудах скоростей колебаний грунта// Сборник докладов Международной научной конференции геофизические методы решения актуальных проблем современной сейсмологии, 15-16 октября 2018 г., г. Ташкент, С. 26-31.

Автореферат «Сейсмология муаммолари» журнали таҳририятида таҳрирдан
ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро
мувофиқлаштирилди

Босишга рухсат этилди: 11.05.2022 йил
Бичими 60x84 ¹/₁₆. «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулда чоп этилди.
Шартли босма табоғи 3,0. Адади 80. Буюртма № 11-05

“IMPRESS MEDIA” MChJ босмаҳонасида чоп этилди.
Тошкент шаҳри, Қушбеги кўчаси, 6-уй.