

**Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын
М. М. Адышев атындагы геология институту**

**Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын
сейсмология институту**

Диссертациялык кеңеш Д.25.23.677

Кол жазма укугунда
УДК 550.3;415.550.42(575)

Мукамбаев Айдын Серикович

**Чыгыш Тянь-Шань жана Жунгариянын азыркы сейсмикалуугу жана
палеосейсмологиясы**

25.00.01 - жалпы жана аймактык геология

геология-минералогия илимдеринин кандидаты илимий

даражасын изденип алуу үчүн диссертациянын

Авторефераты

Бишкек - 2025

Иш Кыргыз Республикасы Улуттук илимдер академиясынын сейсмология институтунун "Сейсмикалык коркунучту баалоо" лабораториясында жүргүзүлдү.

Илимий жетекчиси: **Абдрахматов Канатбек Ермакович**
геология-минералогия илимдеринин доктору,
профессор, Кыргыз Республикасынын Улуттук
илимдер академиясынын мүчө-корреспонденти,
Бишкек шаары

Расмий оппоненттер: **Жаймина Валентина Яковлевна**
геология-минералогия илимдеринин доктору, К.И.
Сатпаев атындагы Геология илимдери институтунун
стратиграфия лабораториясынын башкы илими
кызматкери, Казахстан Республикасы, Алматы
шаары

Туркбаев Пазылбек Борубаевич
геология-минералогия илимдеринин кандидаты,
доцент, Б.Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Россия
Славян университетинин илим борборунун улук
илимий кызматкери, Кыргыз Республикасы, Бишкек
шаары

Жетектөөчү мекеме: Азербайжан Улуттук илимдер академиясынын
Республикалык сейсмологиялык кызмат борбору,
дареги: AZ1001, Баку шаары, Н.Рафибейли көч., 25.

Диссертациялык иш 2025-жылдын 23-майында саат 10-00дө Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын М. М. Адышев атындагы Геология жана Улуттук илимдер академиясынын Сейсмология институттарындагы Д 25.23.677 диссертациялык кеңешинин жыйынында корголот, дареги: 720040, Бишкек, Эркиндик бульвары 30. Диссертацияны коргоо боюнча видеоконференцияна кирүү шилтемеси: <https://vc.vak.kg/b/252-whl-gq7-1dj>

Диссертациялык иш менен Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын М. М. Адышев атындагы Геология институтунун китепканасында (дареги: 720040, Бишкек, Эркиндик бул., 30) жана Улуттук илимдер академиясынын Сейсмология институтунун китепканасында (дареги: 720060, Бишкек, Токомбай 7/8), Д 25.23.677 диссертациялык кеңештин баракчасынан: https://stepen.vak.kg/d_25_23_677/130448/ таанышууга болот.

Автореферат 2025-жылдын 19-апрелинде таратылды.

Диссертациялык кеңештин окумуштуу катчысы,
география илимдеринин кандидаты, доцент



Э.Т. Токторалиев

ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациялык иштин темасынын актуалдуулугу. Белгилүү болгондой, активдүү тектоникалык процесстерди изилдөө, жер илиминдеги фундаменталдык изилдөөлөрдүн маанилүү бөлүгүн түзөт. Геологиялык жаштыгынан улам рельефте так көрүнгөн активдүү жаракаларды изилдөө жаракалардын параметрлерин сандык мүнөздөөгө гана эмес, Жер бетиндеги ар кандай типтеги чыңалуунун жана ар кандай даражасындагы деформациялык структуралардын бөлүштүрүлүшүнүн жалпы жана жекече мыйзам ченемдүүлүктөрүн кыйла толук жана ар тараптуу көрсөтүүгө мүмкүндүк берет (Трифонов В. Г., Москва ш., СССР, 1978г.).

Казакстандын аймагында Жунгар Алатоо аймагы сейсмикалык жактан активдүү райондордун бири болуп саналат. Бул аймакта максималдуу күчү 8ден ашкан зоналар белгиленген, ал эми жер титирөөнүн күтүлүп жаткан сейсмикалык интенсивдүүлүгү 9 баллга жетиши мүмкүн. Бирок, заманбап маалыматтар көрсөткөндөй, бир катар себептерден улам сейсмикалык коркунучту баалоо төмөндөгөн. Мисалы, 1998-жылдагы Казакстан Республикасынын сейсмикалык райондоштуруу картасына ылайык (КР КНЖЭ ылайык 2.03-04-2001), Чыгыш Казакстан аймагында түндүк-чыгыш багытындагы тектоникалык структуралар айырмаланган эмес жана ошого жараша алардын сейсмикалык коркунучу бааланган эмес. 2003-жылы Казакстан аймагынын кийинки сейсмикалык райондоштуруу картасы түзүлгөн (КР КНЖЭ 2.03-30-2006), мында ушундай структуралар пайда болгон (Лепси жаракасынан тышкары), бирок алардын коркунучу да бааланбай калган.

Сейсмикалык коркунучту баалоо негизги активдүү жаракаларды, ошондой эле аймактын заманбап жана тарыхый сейсмикалуулугун деталдуу изилдөөгө негизделгени белгилүү. Ошондой эле региондогу инструменталдык байкоолор боюнча маалыматтар да тартылат, алар сейсмикалык процесстин өнүгүү тенденцияларын көзөмөлдөөгө жана күчтүү жер титирөөлөрдүн орто жана узак мөөнөттүү божомолу жөнүндө корутунду чыгарууга жардам берет.

Жер титирөөлөрдүн тарыхый каталогдорун жакшыртуу үчүн, Жунгар аймагынын сейсмикалык коркунучун баалоонун тууралыгын жогорулатуу, ошондой эле бул региондогу айрым байкалган геодинамикалык көрүнүштөрдүн табиятын жакшыраак түшүнүү мүмкүнчүлүгүн камсыз кылуу максатында, акыркы жылдары ар кандай изилдөөчүлөрдүн палеожертитирөөлөр жана белгилүү жер титирөөлөрдүн гипоцентрлеринин релокализациясынын натыйжалары жөнүндө алган жаңы маалыматтары колдонулду.

Активдүү жаракаларды табуу жана картага түшүрүү боюнча изилдөөлөрдү жүргүзүү зарылдыгы жаңы аймактарды өздөштүрүү пландарына байланыштуу, баарынан мурда инфраструктуралык объекттердин нормалдуу үзгүлтүксүз иштешин камсыз кылуу максатында алар менен байланышкан сейсмикалык коркунучка баа берүүдө жана адамдардын коопсуздугун камсыз кылуу максатында актуалдуу болуп саналат.

Диссертациянын темасынын артыкчылыктуу илимий багыттары, ири илимий программалар (долбоорлор), билим берүү жана илимий мекемелер тарабынан жүргүзүлүп жаткан негизги илимий-изилдөө иштери менен байланышы. Диссертациялык изилдөө Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Сейсмология институтунун «Кыргыз Республикасынын аймагындагы сейсмикалык коркунучка жана сейсмикалык тобокелдикке баа берүү» (2012–2014 жж.) негизги илимий темасына ылайык жүргүзүлгөн, бөлүм: «Геологиялык маалыматтардын негизинде сейсмикалык коркунучту жана сейсмикалык тобокелдикти баалоо»; GEM глобалдык долбоорунун ажырагыс бөлүгү болгон Борбордук Азия үчүн жер титирөөнүн моделин түзүү долбоору (2011-2014-жж.); МНТЦнын KR2398 долбоору “Бирдиктүү бюллетень жана Борбордук Азиядагы сейсмикалык коркунучту баалоо” (CASHA-BU) (2018-2023 жж.); түзүү үчүн сейсмологиялык маалыматтык базасын түзүү: Казакстан Республикасынын аймагын жалпы сейсмикалык райондоштуруу карталары (2014–2016 жж.), Чыгыш Казакстандын аймактарын деталдуу сейсмикалык райондоштуруу карталары (2021–2022 жж.).

Изилдөөнүн максаттары жана милдеттери. Бул иштин негизги максаты Чыгыш Жунгариянын аймагынын сейсмикалык кооптуулугун активдүү жаракалар жөнүндөгү маалыматтардын негизинде кайра баалоо болгон.

Изилдөөнүн максаттары:

1. Жунгар жарака зонасында болгон эң күчтүү жер титирөөлөрдүн келип чыгуучу зоналары жөнүндө палесейсмологиялык маалыматтарды чогултуу, аймактын азыркы сейсмикалуулугу жөнүндө маалыматтарды эске алуу.
2. изилденүүчү аймактын заманбап сейсмикалуулугун талдоо.
3. Жунгар жарака зонасынын сейсмикалык коркунучун баалоо.
4. алынган маалыматтардын негизинде потенциалдуу сейсмогендик структураларды аныктоо.

Изилдөөнүн натыйжаларынын илимий жаңылыгы заманбап палесейсмологиялык иштердин натыйжаларын эске алуу менен сейсмикалык коркунучтун деңгээлин тактоо боюнча илимий-методикалык иш-чаралардын негизделишинде.

•Чыгыш Казакстан аймагы үчүн биринчи жолу бул аймактагы эң башкы жаракалардын (Жунгар жана Лепси жаракалары) сейсмикалык коркунучу бааланды.

•Жунгар жаракасы жана ага чектеш Лепси жаракасы чогуу «ачылган» болушу мүмкүн, бул мурда Лепси жаракасындагы беттик ажырымдан болжолдонгон узундукка жылышуу чоңдуктарынын адаттан тыш жогорку катышына алып келген. Жаштарын аныктоо боюнча жыйынтыктар эки жарака үчүн эң акыркы жер титирөө 2000-4000 жыл мурун болгонун көрсөтүп турат. Жер титирөөлөрдүн потенциалдуу максималдуу магнитудасы Жунгар жаракасы үчүн өзүнчө же Лепси жаракасы менен айкалышта тиешелүүлүгүнө жараша $M_w=8.2$ жана $M_w=8.4$ деп бааланат, бул жараканын жылышынын

негизинде болжолдонгон континенталдык жер титирөөлөрдүн эң күчтүүсүнүн бири болмок.

• Алынган маалыматтар Казакстандын ойдуң жерлеринде катуу жер титирөөлөрдүн болушу мүмкүн деген маселеге мамилебизди кайра карап чыгууга мүмкүндүк берет. Биздин маалыматтар көрсөткөндөй, Казакстандын Тянь-Шань менен чектеш түздүк бөлүгүнүн аймактарында өтө сейрек кайталануучу катуу окуялар болушу мүмкүн. Бул ошондой эле аталган аймактын сейсмикалык коркунучун баалоону тактоого мүмкүндүк берет.

Алынган натыйжалардын практикалык мааниси. Изилдөөнүн натыйжалары Чыгыш Казакстан аймагынын сейсмикалык коркунучун баалоо үчүн пайдаланылышы мүмкүн.

Алынган натыйжалардын экономикалык мааниси, сейсмикалык коркунучту жаңыртылган баалоодо эске алынган, кыйратуучу жер титирөөлөрдүн потенциалдуу зыянын төмөндөтүүдө жатат. Тянь-Шанга чектеш түздүк аймактарда күчтүү сейсмикалык кубулуштар (магнитудасы M_w 7.5–8.4) болгон учурда, түздөн-түз экономикалык зыян 100 миллиондон бир нече миллиард АКШ долларына чейин жетет, анын ичинде турак жайлардын, инфраструктуранын, социалдык мекемелердин талкаланышы, ошондой эле калыбына келтирүү иштеринин чыгымдары. Баалоонун жыйынтыктарын колдонуу жер титирөөгө туруктуу объектилерди долбоорлоо жана аймактарды компетенттүү райондоштуруу аркылуу бул жоготууларды олуттуу түрдө төмөндөтүүгө мүмкүндүк берет.

Коргоо үчүн сунушталган негизги жоболор.

1. Жунгариянын негизги жаракалары (Жунгар жана Лепсин жаракалар) магнитудасы 8.2–8.4 жеткен катуу жер титирөөлөрдү жаратат;
2. Мындан 400 жылдай мурун Жунгарияда магнитудасы 7.5–8.2 жана 7.5 болгон эки өзүнчө катуу жер титирөөлөр – Лепсинское жана Текесское болгондугу аныкталган, бул мурда Түштүк Тянь-Шандын Көкшал зонасынын аймагына тиешелүү болгон бир эле окуянын фактысын жокко чыгарат;
3. Сейсмикалык коркунучту баалоодо инструменталдык байкоолорго салуштурмалу алда канча узак мезгилди камтыган маалыматтар эске алыш керек, анткени туруктуу региондордо Лепси жаракасынын мисалы көрсөткөндөй активдүү жана потенциалдуу коркунучтуу түзүлүштөр болушу мүмкүн;
4. Жунгариянын ар кайсы райондорундагы негизги жер титирөөлөрүндө жана алардын афтершокторунда окшош сценарий фактысы аныкталды;
5. Жаракага жакын зонанын сейсмикалууулугун талдоо жана эпицентрлерди сегментациялоо эң активдүү аймактарды аныктоого мүмкүндүк берет.

Автордун жеке салымы иштин бардык этаптарын жүргүзүү, анын ичинде:

– изилдөө темасы боюнча ата мекендик жана чет элдик адабият булактарын карап чыгуу;

– спутниктик маалыматтарды чогултуу, талдоо жана иштетүү, Жунгар жана Лепси жаракаларынын зоналарында жылыштарды өлчөө менен талаа иштерин жүргүзүү, үлгүлөрдү кыймылдардын жашын аныктоо үчүн тандап алуу ж.б.,

– Жунгариянын негизги жаракаларынын зоналарында жаракага жакын рельефти өнүктүрүүнүн санариптик моделдерин куруу жана бул аймактын сейсмикалык коркунучун баалоо

– Казакстандын аймагындагы жана Кытай Республикасынын чек ара аймактарындагы сейсмикалык булактардын мүнөзүн таануу, Заманбап Iloc программасында RSTT ылдамдыгынын аймактык моделдерин колдонуу менен сейсмикалык окуялардын ордун которуу

– палеожертитирөөлөр боюнча жаңы маалыматтар менен жер титирөөлөрдүн бирдиктүү каталогун түзүү, ArcGIS, QGIS, GMT, PyGMT, Python ж.б. сыяктуу заманбап программалык камсыздоолорду колдонуу менен ар кандай тематикалык карталарды, графиктерди түзүү жана оцифровкалоо.

Диссертациянын жыйынтыгын апробациялоо. Диссертациялык иштин негизги жоболору жана корутундулары эл аралык илимий-практикалык конференцияларда талкууланган: «Ядролук сыноолорго жана алардын кесепеттерине мониторинг жүргүзүү» ядролук сыноолорго ар тараптуу тыюу салуу жөнүндө Эл аралык келишимди колдоо (Алматы, 6-10-Август, 2018-жыл); эл аралык конференция «Спитак жер титирөөсү 30 жылдан кийин: тажрыйба жана перспективалар» (Ереван, 3-7 декабрь 2018-ж.); Европалык Жер жөнүндөгү илимдер бирлигинин Башкы ассамблеясында (EGU2020, 4-8 май 2020 ж., онлайн); «Казакстан Республикасынын аймагында сейсмикалык коркунучту баалоонун жана жер титирөөлөрдү болжолдоонун заманбап ыкмалары» (Алматы, 16-18 июнь 2022-ж.); «Илим жана технологиялар» эл аралык конференциясы (Вена, 2019-ж., 2021-ж., 2023-ж.); «Семипалатин сыноо полигону: Мурас жана илимий-техникалык потенциалын өнүктүрүүнүн келечеги» X - эл аралык конференция (Курчатов, 12-14 сентябрь 2023-ж.); «Борбордук Азиядагы жер титирөөнүн болжолу, сейсмикалык коркунучту жана сейсмикалык тобокелдикти баалоо» XI Казак-Кытай эл аралык симпозиуму (Алматы, 26-28 сентябрь 2023-ж.);

Диссертациянын жыйынтыктарынын басылмаларда чагылдырылышынын толуктугу. Диссертациянын материалдары боюнча 14 илимий макала КР УИАсы тарабынан сунуш кылынган басылмаларда жарыяланган, басылмаларда, анын ичинде Web of Science, Scopus жана РИНЦ системаларына кирген басылмаларда.

Диссертациянын структурасы жана көлөмү. Диссертациялык иш кириш сөздөн, төрт бөлүмдөн, корутундудан жана 196 аталыштан турган адабият тизмегинен турат. Негизги мазмуну 120 барактан туруп, 44 сүрөт жана 5 таблица камтылган.

ДИССЕРТАЦИЯЛЫК ИШТИН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

КИРИШҮҮ. Теманын актуалдуулугу берилген, изилдөөнүн максаты жана милдеттери баяндалган, негизги корголуучу жоболор аныкталган, изилдөөнүн методдору келтирилген, илимий жаңылыгы, иштин практикалык

жана экономикалык баалуулугу аныкталган, ошондой эле изденүүчүнүн жеке салымы белгиленген, басылмалар, жыйынтыктардын апробациясы жана диссертациянын структурасы кыскача баяндалган.

1-БӨЛҮМ. АДАБИЯТКА СЕРЕП. Жунгар Алатоо аймагын изилдөөнүн кыскача баяндамасы берилди, Тянь-Шань жана Жунгар жер титирөөлөрү, сейсмикалык мониторинг тармактарынын конфигурациясынын өзгөчөлүгү жана өкүлчүлүгү келтирилди.

Жунгариянын алгачкы геологиялык изилдөөлөрү рекогносценттик мүнөздө болгон. Алардын катарына А. М. Шернк (Санкт-Петербург ш., Россия, 1840-ж.), В. Влангали (Санкт-Петербург ш., Россия, 1853-ж.), И. В. Мушкетов (Санкт-Петербург ш., Россия, 1886-ж.) Г.Д. Романовский (Санкт-Петербург ш., Россия, 1878-ж.), Закржевский Р. (Омск ш., Россия, 1893-ж.), В. А. Обручев (Ленинград шаары, СССР, 1940-ж.) ж. б. геологиялык бөлүмдөрдүн жана тектониканын жалпы контурлары белгиленген эмгектер кирет.

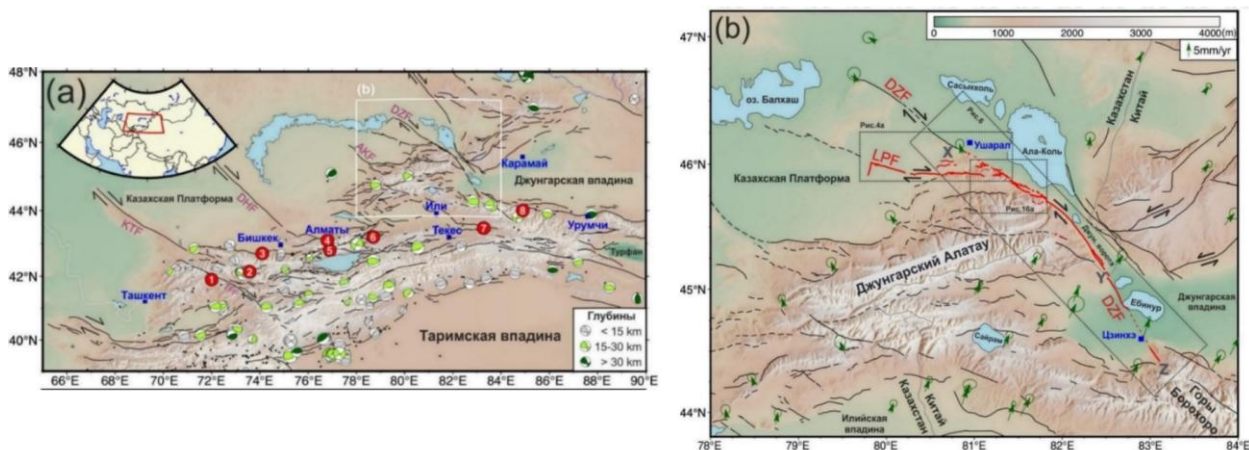
1906-жылы А.К. Майстер биринчи геологиялык картаны түзгөн, 1916-жылы Н.Г. Кассиндин жетекчилиги боюнча геологиялык жана гидрологиялык изилдөөлөр жүргүзүлгөн жана 1:420000 масштабндагы геологиялык карта түзүлгөн. Бир нече жылдар бою (1933-1938-жж.) Жунгар Алатоосунда чоң геологиялык иштерди М.М. Юдичев жүргүзгөн, ал жеке байкоолорунун жана башка авторлордун эмгектеринин негизинде 1:1000000 масштабндагы геологиялык картаны түзгөн жана «Жунгар Алатоо» (Москва шаары, Ленинград шаары, СССР, 1940-ж.) монографиясын жазган, анда стратиграфия, тектоника жана пайдалуу кендер деталдуу түрдө эскертилет.

Жунгар Алатоо аймагы Сваричевская З. А. (Ленинград ш., СССР, 1952-ж.), В.С. Войтович (Москва ш., СССР, 1969-ж.), К. В. Курдюков (Москва ш., СССР, 1953-ж.), В. В. Галицкий (Алма-Ата ш., КазССР, 1957-ж.), Афоничев Н. А. (Алма-Ата ш., КазССР, 1960-ж.), Диденко-Кислицына Л. К. (Алма-Ата ш., КазССР, 1966, Алматы ш., Казахстан, 2006-ж.), Новиков И. С. (Новосибирск ш., Россия, 2014-ж.) сыяктуу көптөгөн мыкты изилдөөчүлөр тарабынан изилденген. Аталган аймактын геоморфологиясынын жана жаңы тектоникасынын негизги өзгөчөлүктөрү аныкталды, палеоген-неоген жана төрттүк катмарлардын стратиграфиясынын жергиликтүү схемалары иштелип чыкты жана түзүлдү, рельефтин өнүгүшүнүн негизги этаптары аныкталды ж. б.

Акыркы эки кылым ичинде Тянь-Шандын чектеринде жана анын айланасында бир катар кыйратуучу жер титирөөлөр болуп өттү, аларга 1812-жылы болгон Нилканын силкинүүсү $M_w=8.0$ магнитудасы менен, 1906-жылы болгон Манас $M_w=7.7$ зилзаласы Тянь-Шандын чыгыш бөлүгүндө Борохоро-Шанга жанаша жайгашкан (1.1,а сүрөттү караңыз). Тянь-Шандын түндүк четинде, анын ичинде Бишкек жана Алматы шаарларына жакын аймактарда 1885-жылдагы Беловодск жер титирөөсүнөн ($M_w=6.9$) Бишкектен батышка карай эпицентралдык зона менен, андан кийин 1887-жылдагы Вернен жер титирөөсү ($M_w=7.3$) бир катар зыян келтирип, Алматы шаарынан батышка карай кеңири жер көчкүгө алып келген, 1889-жылы Чилик жер титирөөсү

($M_w = 8.0-8.3$) жана 1911-жылы Кемин жер титирөөсү ($M_w = 8.0$). Тянь-Шандын батыш бөлүгүндө 1946-жылы Чаткал ($M_w = 7.6$) жана Суусамыр жер титирөөлөрү болгон (1992-жылы $M_w = 7.2$).

Жунгар Алатаунун айланасында инструменталдык жактан катталган ири жер титирөөлөр салыштырмалуу аз (1.1а сүрөттү караңыз), бирок тарыхка чейинки өткөн мезгилде жер үстүндөгү олуттуу жаракалардын көптөгөн далилдери бар, анын ичинде 120 чакырымдык беттик ажырым Лепси жаракасы боюнча ~ 8-14 м жылышуу менен жана Текес аймагында 70 м жер үстүндөгү жарака 8 м жылышуу менен (1.1, а сүрөттү), экөө тең 1716-жылы катуу жер титирөөнүн потенциалдуу булагы катары сунушталган.

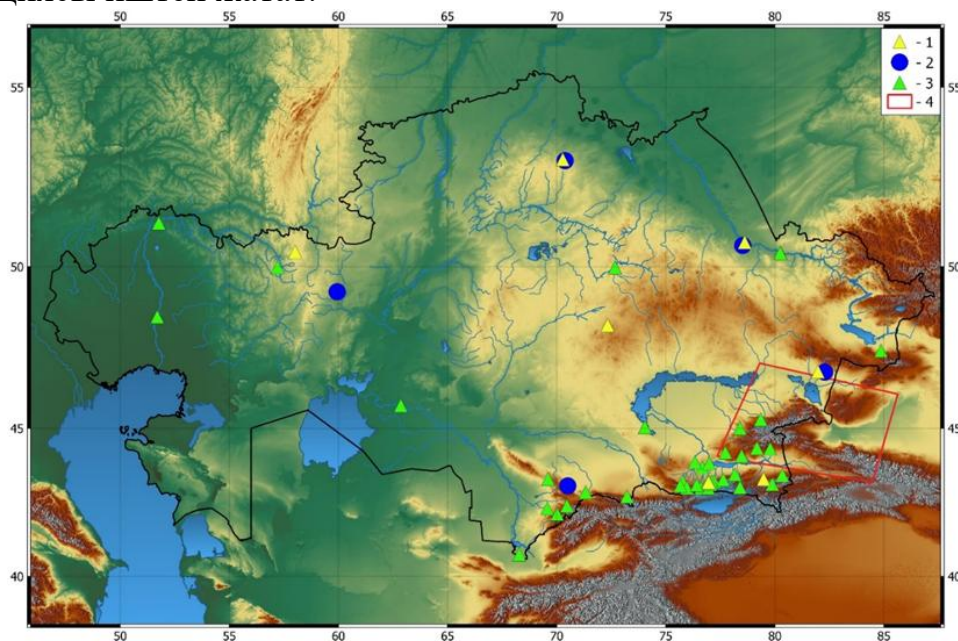


1.1- Сүрөт. Тянь-Шань менен Жунгариянын топографиясы, активдүү жаракалары, тандалган тарыхый жер титирөөлөрү жана GPS ылдамдык векторлору: (а) $M_w > 5$ болгон жер титирөөлөрдүн очокторунун механизмдери; Номерленген кызыл тегерекчелер - кыйратуучу жер титирөөлөрдүн очогу: 1) Чаткал 1946-ж., 2) Суусамыр 1992-ж., 3) Беловодский 1885-ж., 4) Вернен 1887-ж., 5) Чоң-Кемин 1911-ж., 6) Чилик 1889-ж., 7) Нилки 1812-ж., 8) Манас 1906-ж.; (б) кызыл сызыктар - изилдөөдө көрсөтүлгөн жердин бетиндеги ажыроолору. X жана Y чекиттери үч негизги тилкелеринин (Түндүк-батыш, борбордук жана түштүк-чыгыш) чектери. Биздин изилдөөдө колдонулган *Pléiades* спутниктик сүрөттөрүнүн камтуусу X чекитинен Z чекитине чейин созулат. Көгүлтүр - шаарлар; KTF – Каратау жаракасы, DNF - Жалайыр-Найман жаракасы, AKF – Актас жаракасы, DZF – Жунгар жаракасы, TFF: Талас-Фергана жараксы.

Батыш Тянь-Шань жылына 15-22 мм ылдамдыкта жер кыртышынын кыскарышын башынан кечирүүдө, бул Индия жана Евразия плиталарынын кагылышуусунан улам кыскаруунун жалпы ылдамдыгынан эки эсе аз. Бул кыскаруу ылдамдыгы чыгышта төмөндөйт, ал эми параллелдүү сол жылышуу жогорулайт. Меридионалдык жыйрылуу орогендин четинде да, ичинде да кеңдиктин активдүү агындыларынан келип чыгат. Талас-Фергана жана Жунгар сыяктуу ири оң жылышуу жаракалары да тик огунун айланасында айлануу менен кыскарууга жардам берет. Жунгар Алатаосунда жана тоолуу аймактардын түндүгүндө кыскаруу жылына болжол менен 1-3 мм жана жылына 2 мм түзөт.

Түштүк, Түштүк-Чыгыш Казакстандын (Тянь-Шань жана Жунгар Алатау) көрүнүктүү өзгөчөлүктөрүнүн бири – бир катар жаңы жаракалардын бардыгы, алардын орогеника аймагынан башталып, түндүк-батыш тарапка созулуп, Казак платформасынын жарып өтөт (Чыгыш жана Батыш Жунгар, Жалайыр-Найман, Каратау жаракалары (Войтович, Суворов, Курскеев) (1.1, а сүрөттү караңыз). Бирок, рельефте көрсөтүлгөн жаракалардын жетишерлик жакшы болушуна карабастан, бул жаракалар кеч плейстоцен-голоцен мезгилинде активдүү болгонун көрсөткөн далилдер өтө аз жана бул жаракалардын ичинде катуу жер титирөөлөр болгонун көрсөткөн далилдер дагы аз. Ошондуктан бул жарылуу структураларынын сейсмикалык коркунучун баалоо көп учурда төмөндөйт жана мындай жаракалардын айрымдары мындай изилдөөлөрдө такыр эске алынган эмес.

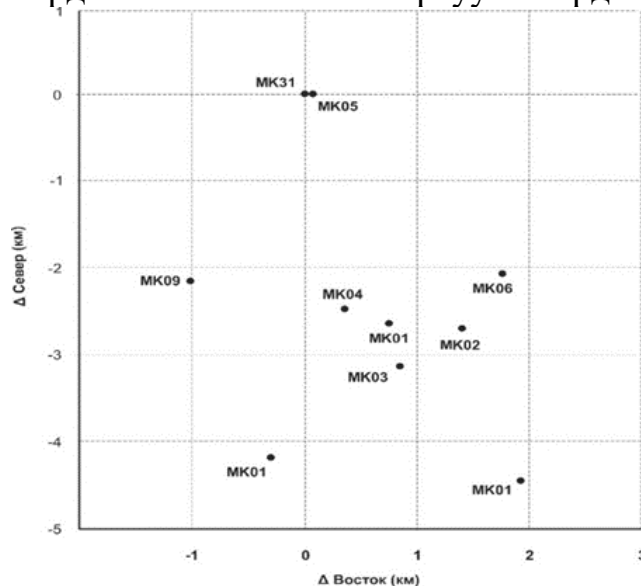
1.2-сүрөттө Казакстан Республикасынын Улуттук ядролук борборунун Геофизикалык изилдөөлөр институтунун (КР УЯБ ГИИ) тармагынын заманбап сейсмикалык станцияларынын жана Казакстан Республикасынын Өзгөчө кырдаалдар министрлигинин сейсмологиялык байкоолор жана изилдөөлөр Улуттук илимий борборунун (КР ӨКМ СБИУИБ) жайгашкан жерлеринин картасы көрсөтүлгөн. Азыркы учурда изилдөө районунда (Жунгар) алты сейсмикалык станция, КР ӨКМ УСБИИБ жана КР ГИИ УЯБ эки станциясы иштеп жатат.



1.2-Сүрөт. КР ӨКМ УСБИИБ жана КР УЯБ тармактарынын сейсмикалык станцияларынын жайгашуу картасы: 1- КР УЯБ тармагынын үч компоненттүү станциялары; 2 - КР УЯБ тармагынын сейсмикалык тобу; 3 – КР ӨКМ УСБИИБнын үч компоненттүү станциялары; 4- Жунгария изилдөө аймагынын чек арасы.

Казакстан Республикасынын ГИИ УЯБ тармагынын өзгөчөлүгү, ал негизинен ар кандай конфигурациядагы сейсмикалык топтордон турат. 1.3-сүрөттө 9 элементтен турган Маканчи сейсмикалык тобунун конфигурациясы көрсөтүлгөн. Сейсмикалык топтор жайгашкан аймактагы сейсмикалык ызычуулардын төмөн деңгээли менен мүнөздөлүүчү бардык Казакстан

станцияларынын ичинен сейсмикалык сигналдарды каттоо үчүн эң жакшы шарттар менен айырмаланат. Сейсмикалык топтор үч компоненттүү станцияларга караганда бир нече негизги артыкчылыктарга ээ. Бул топтор сигнал/ызы-чуу катышын жогорулатуу үчүн колдонулушу мүмкүн, бул сигналды фондук ызы-чуудан изоляциялоону жеңилдетет. Сейсмикалык топтор ошондой эле сейсмикалык сигналдардын келүү азимутунун жана салыштырмалуу ылдамдыгынын так баасын берет. Бул маалымат сейсмикалык булактардын тактыгын жакшыртууга жардам берет.



1.3-Сүрөт. Маканчы сейсмикалык тобунун конфигурациясы.

Азыркы учурда сейсмикалык станциялардын тармагы Түндүк Тянь-Шань жана Түштүк Жунгария боюнча $K \geq 7.5$ энергетикалык класстар үчүн жер титирөөнүн репрезентативдик каттоо деңгээлин камсыз кылат, Заилий жана Күнгөй Алатоо кыркаларынын борбордук бөлүгүндө $K > 6.0$ жана Туштук-Чыгыш Казакстандын аймагында $K > 8.0$. Казакстандын бүткүл аймагы үчүн $K_{\min} = 8.6$ болгон жер титирөөнүн репрезентативдик каттоосу каралган [39].

1- БӨЛҮМ. ИЗИЛДӨӨ МЕТОДОЛОГИЯСЫ ЖАНА МЕТОДДОРУ

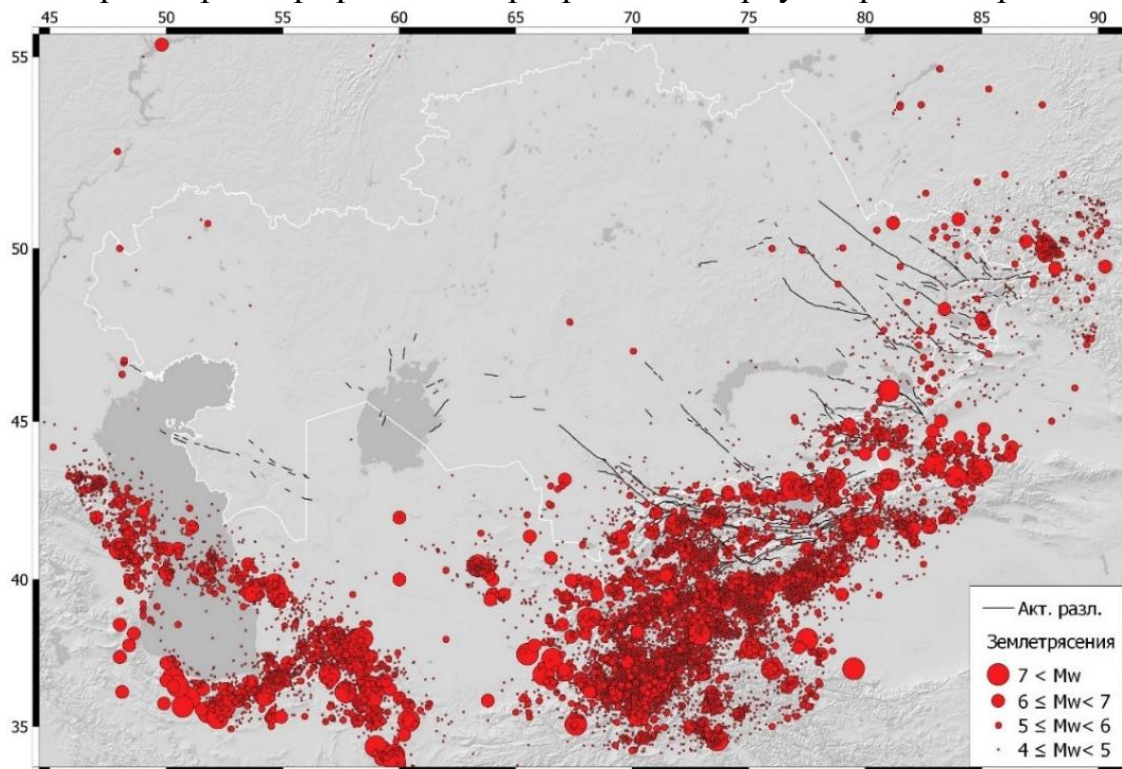
Изилдөөнүн объектиси болуп активдүү жаракалар, Жунгардын тарыхый жана заманбап сейсмикалуулугу болуп саналат саналат.

Изилдөөнүн предмети: Жунгариянын аймагында аныкталган Чыгыш Тянь-Шандын ири континенталдык жер титирөөлөрүнүн пайда болуу шарттары жана мүнөздөмөлөрү.

Борбордук Азиядагы жер титирөөлөрдүн каталогдору сүрөттөлгөн, Жунгар жаракасынын мейкиндик-убакыт анализи жана сегментациялоо жүргүзүлгөн. Маалыматтардын региондук жана глобалдык борборлорунун маалыматтары боюнча изилдөө районунун жер титирөө очокторунун механизмдери каралды. Палеожер титирөөнүн талаа жана лабораториялык изилдөө ыкмалары жана алардын убактыларын белгилөө сүрөттөлгөн.

Изилдөө районунун сейсмикалуулугун талдоо үчүн төмөнкү эл аралык долбоорлорду аткаруунун алкагында түзүлгөн Борбордук Азиядагы жер титирөөлөрдүн каталогдору колдонулду: «Борбордук Азиядагы сейсмикалык коркунучка баа берүү» CASRI 2006-2009-жж., «Борбордук Азиядагы жер

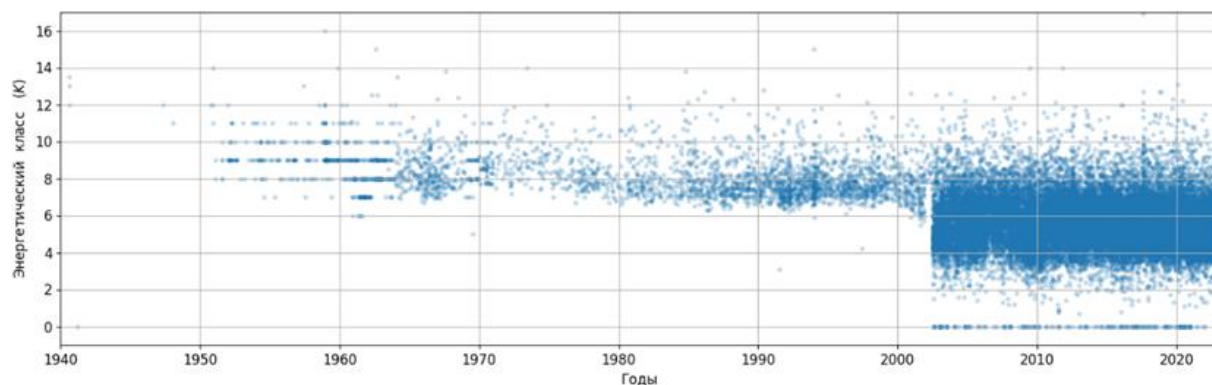
титирөөлөрдүн модели» ЕМСА 2009-2014-жж., «Борбордук Азиядагы сейсмикалык коркунучка баа берүү жана бюллетендерди унификациялоо CASHA-BU 2018-2023-жж. 2.1- сүрөттө CASHA-BU каталогуна кирген күчү $M_w \geq 4$ жер титирөөлөрдүн эпицентрлеринин обзордук картасы берилди.



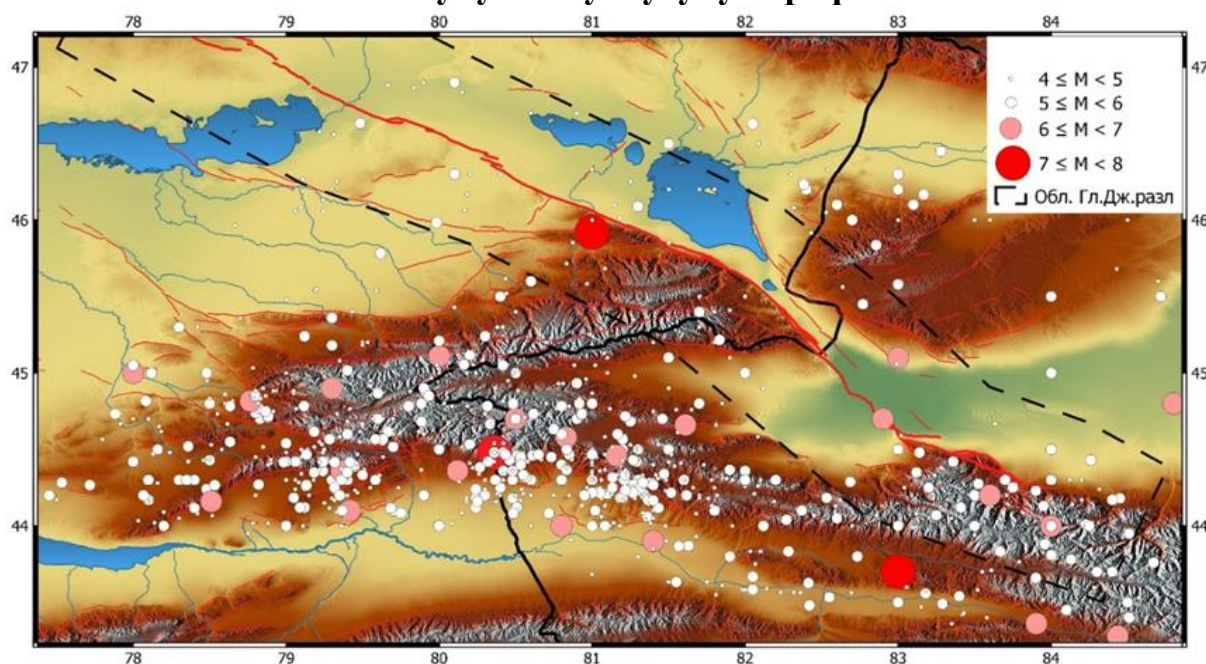
2.1-Сүрөт. CASHA-BU каталогунун маалыматы боюнча Борбордук Азиядагы болгон жер титирөөлөрдүн эпицентрлеринин картасы (тарыхый мезгилден 2017-жылга чейин $M_w \geq 4$).

Жунгария аймагындагы жер титирөөлөрдү аспаптык каттоо 1940-жылдан башталган. Станциялардын саны көбөйгөн сайын (1980-2000-жж.) сейсмикалык окуяларды өкүлдүк каттоо деңгээли өзгөргөн. 2002-жылдан бери сейсмикалык окуялардын санынын кескин көбөйүшү жана минималдуу магнитуданын деңгээлинин төмөндөшү байкалууда (2.2-сүрөттү караңыз) - бул КР ГИИ УЯБ сейсмикалык мониторингинин атайын тармагын түзүү жана КР УЯБ ГИИ маалымат борборунда региондук сейсмологиялык бюллетенди түзүүнүн башталышы менен байланыштуу.

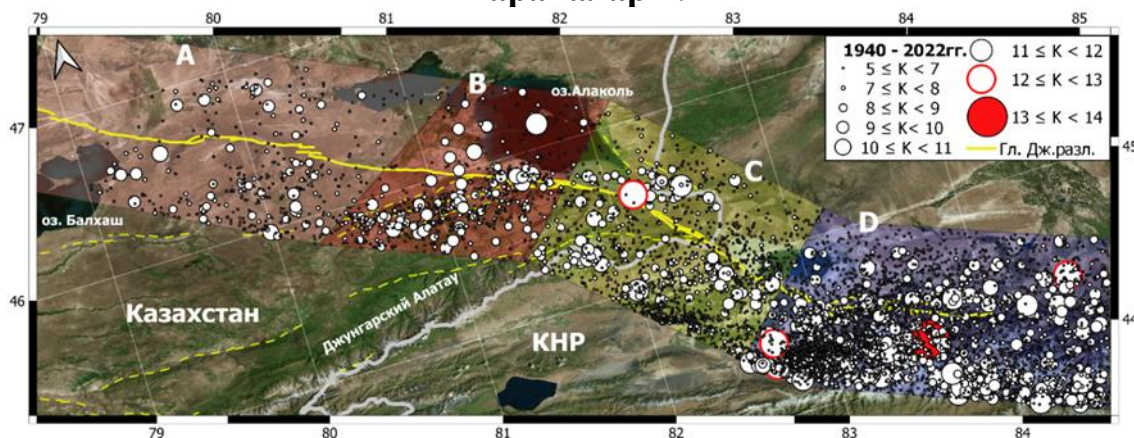
2.3-сүрөттө ЕМСА каталогунун маалыматы боюнча Жунгариянын $M \geq 4$ болгон жер титирөөлөрүнүн эпицентрлеринин жана активдүү жаракаларынын картасы келтирилген (байыркы мезгилден тартып 2009-жылга чейин), үзүк сызыктар менен негизги Жунгар жаракасын бойлото эни 50 км зона бөлүнгөн, ал үчүн CASHA-BU каталогунун маалыматтары боюнча деталдуу талдоо жүргүзүлгөн (2.4-сүрөттү караңыз). Жараканы сегментациялоо жүргүзүлдү жана ар бир сегмент үчүн кайталанма графиктер түзүлдү (2.5-сүрөттү караңыз). D сегментинде инструменталдык мезгилде эң күчтүү жер титирөөлөр болуп турган жана жер титирөөлөрдүн саны калгандарына караганда көбүрөөк болгон (2.5-сүрөттү караңыз). Бул, учурда Жунгар жаракасынын ушул сегменти активдүү фазада экенин далилдей алат.



2.2-Сүрөт. Жунгариянын аймагы үчүн CASHA-BU жер титирөө каталогунун толуктугунун графиги.



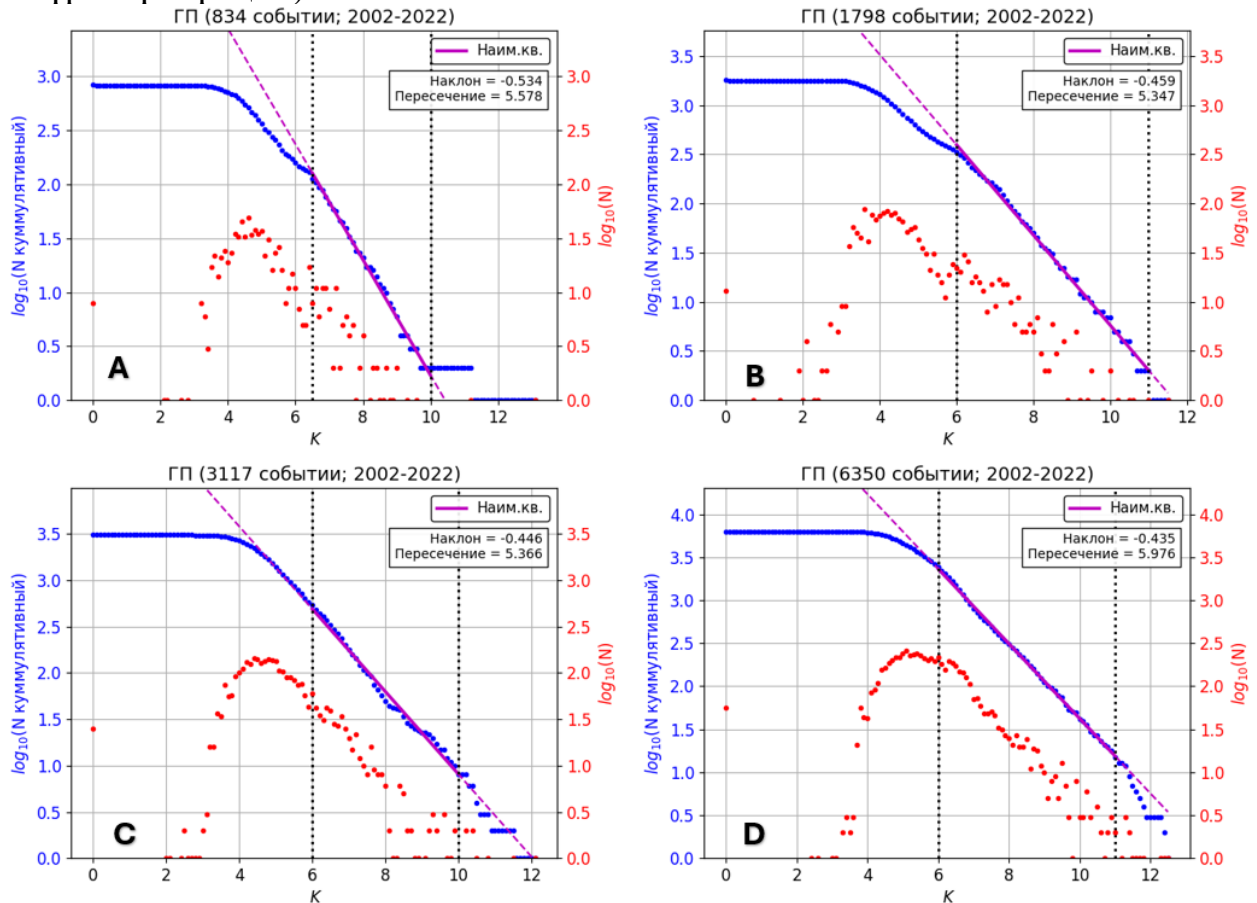
2.3-Сүрөт. Жунгариянын $M_w \geq 4$ болгон жер титирөөлөрүнүн эпицентрлеринин картасы (EMSA каталогу) жана активдүү жаракалары.



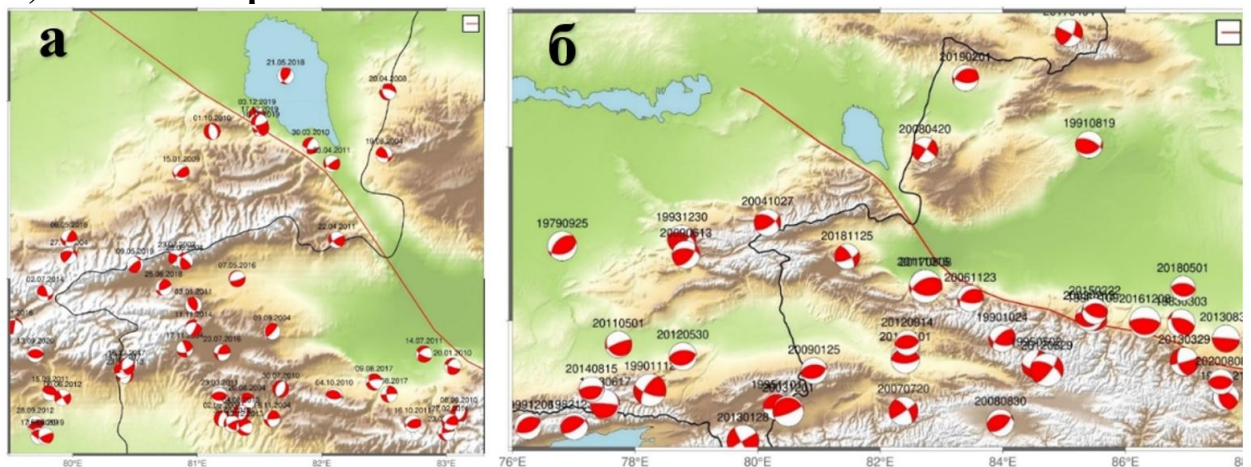
2.4-Сүрөт. Башкы Жунгар жаракасынын аймагындагы $K \geq 5$ (1940-2022 жж.) болгон жер титирөөлөрдүн эпицентрлеринин картасы.

УСБИБ жана ГИИ маалыматтары боюнча, жер титирөөлөрдүн очоктору негизги Жунгар жаракасынын Алакөл көлүнүн аймагындагы Казакстан сегментине эки нодалдык тегиздикте кыймылдардын жылышуу

мүнөзүнө ээ экени туура келет. Чыңалуунун кысуу жана чоюлуу октору жакын – горизонталдуу, жакын – меридионалдык кысуу багыты жана жакын-кендик чоюлуу. Жер титирөөлөрдүн басымдуу көпчүлүгү түндүк-батыш тегиздиктердин биринде, ошону менен бирге анын ичинде жылышуулар болгон, же кичинекей ылдыйга жылышуу компоненти менен жылыштар (2.6, а сүрөттү караңыз).



2.5-Сүрөт. Үегизги Жунгар жаракасы аймагында жер титирөөлөрдүн кайталанышынын графиги. 2002–2022-жылдар үчүн А, Б, В, Г сегменттери.



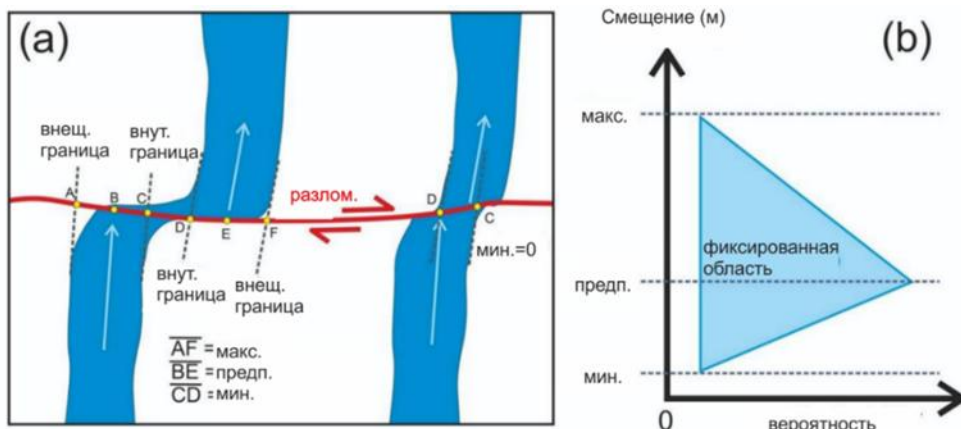
2.6-Сүрөт. (а) СОМЭ жана ГИИ каталогу боюнча, (б) GCMT каталогу боюнча Жунгар-Түндүк-Тянь-Шан аймагындагы жер титирөө очокторунун механизмдеринин картасы.

Сейсмикалык моменттин центроид тензорунун глобалдык каталогунда (GCMT) Казакстандын аймагында очоктору бар жер титирөөлөр боюнча маалыматтар жок экендигин белгилей кетүү керек. Жунгар жаракасынын чыгыш бөлүгүндө жакынгоризонталдык субмеридионалдык кысуу жана кыймылдардын ылдыйга түшүү, түшүү-жылышуу түрү басымдуулук кылат (2.6, б сүрөттү караңыз).

Сүрөттөрдү иштеп чыгуу жана жер-жерлерде маалыматтарды чогултуу. Жерди аралыктан зонддоо (ЖАЗ) маалыматтары жер бетиндеги ажыроолорду талаа иштери аркылуу өлчөө менен айкалыштырылган. Google Earth жана Bing сыяктуу ачык булактардан ошондой эле Pléiades коммерциялык оптикалык спутник сүрөттөрү колдонулган.

Жердин рельефин талдоо үчүн Улуттук авиация жана космос мейкиндигин изилдөө башкармалыгынан (NASA) берилген 8 м уруксат менен High Mountain Asia (HMA) рельефинин санариптик модели (PCM) колдонулган. Бул PCM биринчи жолу Лепса жаракасы боюнча беттик ажыроолорду изилдөө үчүн колдонулган.

Жунгар жаракасы боюнча Stereo Pléiades спутниктик сүрөттөрдүн негизинде метрлик уруксаты менен PCM алынды. Ошондой эле учкучсуз учуучу аппараттардын (УУА) талаа шарттарында алынган дециметрлик уруксаты бар сүрөттөрдүн жардамы менен негизги тилкелердин РСМи да түзүлгөн.



2.7-Сүрөт. Спутниктиктен алынган сүрөттөдү колдонуу менен суу агымдарынын нугу боюнча капталдан жылышууну өлчөө -

(a) жана ар бир өлчөө үч бурчтук катары кантип көрсөтүлөрүн иллюстрациялоо, анын тыгыздык ыктымалдуулук функциясын көрсөтүү үчүн (b).

Жылышууларды өлчөө сапатына жараша (жогорку, орто жана төмөнкү) болуп нуктардын бурмалуулугуна жана кескиндүүлүгүнө байланыштуу үч категорияга бөлүндү. Ар бир өлчөө мындан ары туруктуу аянты бар үч бурчтук катары көрсөтүлгөн жеке тыгыздык ыктымалдык функциясына (PDF) кошулду (2.7-сүрөттү караңыз), жана чокуланган жылышуу ыктымалдыгын бөлүштүрүү (COPD) функциясын түзүү үчүн үйүлгөн, ал ченелген жылышуу маанилериндеги чокуларды аныктоо үчүн колдонулушу мүмкүн. Изилдөө учурунда бардыгы болуп 260 капталдан жылып кеткен нуктар өлчөнгөн, анын

ичинде Жунгар жаракасынын түштүк бөлүгүн бойлой 179 нук, кыймыл басымдуу түрдө декстралдык мүнөзгө ээ.

Кырка профилдери талаа шарттарында дифференцияланган GPS методу (dGPS) аркылуу өлчөнгөн же PCM ден алынган Terrain Profile Tool инструментин колдонуу менен QGIS программасында 100–200 м узундуктагы бир жол профилдери жээктерге болжол менен перпендикуляр багытынан ченелген.

Төртүнчүлүк мезгилдин чөкмөлөрүн таануу ашказан буттуу моллюскаларды радиокөмүртектүү анализи жана пост-инфракызыл стимулдаштырылган люминесценция анализи (post-IR IRSL) (Шеффилд университетинин лабораториясында) К-талаа шпатынын чөкмөлөрүнүн жеке дандарынын анализдерин колдонуу менен аныкталган.

2.1-таблица. Көмүртек жана инфракызыл-стимулдаштырылган люминесценттик (IRSL) таанышуунун натыйжалары.

Радиокарбондук метод менен жашты аныктоонун натыйжалары						
Үлгүлөр	Пункту	чыгыш узундук	түндүк кеңдик	Материал	Жашы (кал. жыл ушул күнгөчөйин)	
RC1	Аюу дарыясы	81.376	45.904	үлүл кабыгы	515-460 345-340	
RC2	Аюу дарыясы жогору	81.364	45.897	үлүл кабыгы	3975-3835	
Люминесценттик ыкма боюнча жаш						
Үлгүлөр	Пункту	чыгыш узундук	түндүк кеңдик	Тереңдик (м)	Жалпы доз.күч (Гр/кг)	Жашы (ка)
DZH1	3 бөлүм грабен	81.660	45.751	0.65	3.91 ± 0.24	17.0 ± 1.1

Кырлардын морфологиялык мөөнөтүн аныктоо анын пайда болуу курагын баалоо үчүн колдонулат. Хэнкс караган бул ыкманын принциби бир гана окуя кырларына карата колдонулушу мүмкүн жана убакыттын өтүшү менен жөнөкөй диффузия процесси катары бузулат деген гипотезага негизделген. Ушул божомолдон баштап, ар бир жарака – ортогоналдык топографиялык профиль үчүн кырдын морфологиясынан жана ага чектеш желдеткич беттеринен м² менен туюнтулган диффузия (кт) курагы эсептелген. Жакын жайгашкан жана климатына окшош Борохоро-Шандан алынган баа боюнча 4,19±0,65 м²/күг, кырлар канча убакытка диффузия процессине кабылаарын эсептөө үчүн массодиффузия колдонулду. Чөгүү жана кулоо сыяктуу диффузиялык эмес деградация процесстеринен диффузиялык деградацияга өтүү үчүн жүздөгөн жылдар талап кылынышы мүмкүн. Диффузиялык этаптын башталышында баштапкы кыр бурчу (табигый энкейиш бурчу) 30°–35° болуп кабыл алынат. Бул эмгекте баштапкы бурч 35° белгиленген жана «мүмкүн болгон» жалгыз кырлардын морфологиялык мөөнөтүн аныктоо үчүн ишке ашырылган, алар мурунку кырлардын пайда

болуу окуяларынын натыйжасы болушу мүмкүн болгон кырлар же чектеш желдеткич беттеринде кыйшаюусуз так бир кадамды көрсөтөт. Бул ыкма дрондор менен алынган dGPS же РСМ өлчөөлөрүнүн профилдерине гана колдонулат, алар жогорку сапатына байланыштуу кырдын морфологиясын жакшыраак көрсөтөт.

3-БӨЛҮМ. ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЯЛЫК ИЗИЛДӨӨЛӨРДҮН НАТЫЙЖАЛАРЫ. *Лепси жаракасы* чыгыш, борбордук жана батыш бөлүктөргө бөлүнүп, Шынжылы жана Тентек дарыялары менен чектешет. Лепси жаракасынын чыгыш бөлүгү Жунгар Алатаосунун чегинде жайгашып, бийик тоолуу рельефи менен мүнөздөлөт (3.1-сүрөттү караңыз).

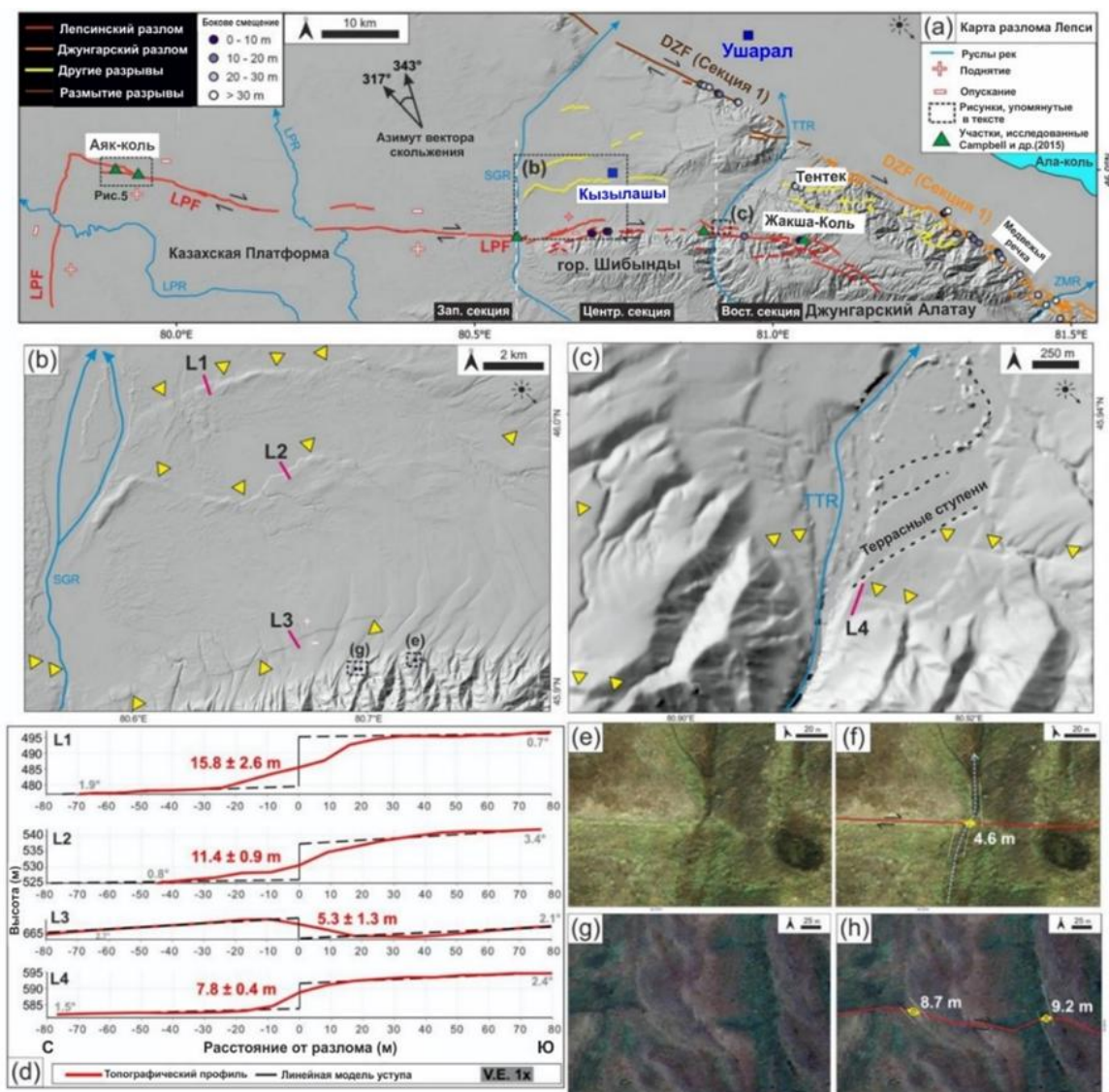
Чыгыш бөлүгү: Кэмпбелл жана башкалар (2015) бир катар эфемердик сайлардын жана аралык кыркалардын, суу агымын оң тараптык 4-6 м жылышуусу менен 9-13 м бийиктиги менен тосулган жылышуусун аныкташкан. Жаксыкөл көлүнүн аймагындагы куураган көлмөлөрдүн шурфунан алынган топурактын радиокөмүртөктүү анализи кеминде 2000 жыл бою кырдын бар экенин көрсөтүп турат. (3.1-сүрөттү караңыз).

Борбордук бөлүгү: Шыбынды тоолорунун этегин бойлой өтөт. Тентек дарыясынын батыш тарабында бийиктиги 6-9 м жеткен каптал жылышы 7 м ге жакын кыр аныктап, бул жалгыз жер титирөөнүн натыйжасы болушу мүмкүн экенин белгилешкен. Бул кыркалардын бийиктиги 7-10 м түзөт (3.1-сүрөттү караңыз).

Батыш бөлүгү: Аяккөл көлүнүн аймагында ар кандай жаштагы кыркалар табылган. бийиктиги 5-7 м болгон кырканын жашы радиокөмүртөк жана люминесценттик анализдердин негизинде болжол менен б. з. ч. 400 жыл. Анын жашы биздин заманга чейинки 2245-1810-жылдар деп белгиленген. Аяккөл көлүнүн чыгышында эки кыр биригип, бийиктиги болжол менен 9 м түзөт, бул эки башка сейсмикалык окуянын натыйжасы деп болжолдонууда. Аяккол көлүнүн чыгыш тарабында, бийиктиги болжол менен 9 м болгон эки кыр биригип, эки башка сейсмикалык окуяны көрсөтөт (3.1-сүрөттү караңыз).

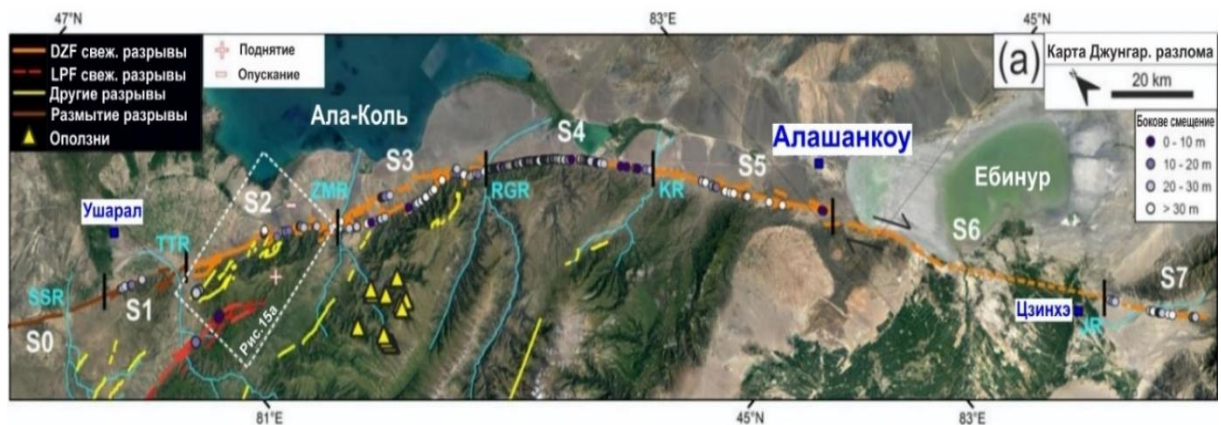
Кырлардын dGPS аркылуу морфологиялык жашын табуу орточо жаштыгы болжол менен 18 ± 0.9 миң жылды көрсөткөн, бул Кэмпбеллдин ж. б. изилдөөлөрүндө айтылган 400 жылдан ашат. Ошондой эле, Шынжылы дарыясында жана Аяккол көлүнүн аймагындагы табылган байыркы чөкмөлөрдүн мөөнөтү болжол менен 5000 жыл деп такталган.

S0 жана S1 сегменттери Үшаралдын түштүгүнөн түндүк-батыш аягына чейин созулат. Жарака бузулган жээктер түрүндө гана байкалат, алардын көпчүлүгү дарыя эрозиясынан жок болгон. Бул аймактагы кыркалар жарым-жартылай аллювиалдык көрүнүштөр менен жок кылынган (3.2-сүрөттү караңыз). *S2 сегменти* жакшы сакталган үзгүлтүксүз кырлар менен мүнөздөлөт (3.2-сүрөттү караңыз). Бул сегментте кыркалар бир жер титирөөдөн пайда болгон. Өзгөчө көңүл «Аюу дарыясы» тилкесине бурулат, анда максималдуу жылышуу болжол менен 12 метрди түзөт, ал эми бийиктиги 4.4 м болгон кошумча кырка 5.3–2.7 миң жылга туура келет. *S3 сегменти* Ыргыйты жана Жаманты дарыяларынын ортосунда эки бутакка бөлүнөт (3.2-сүрөттү караңыз).



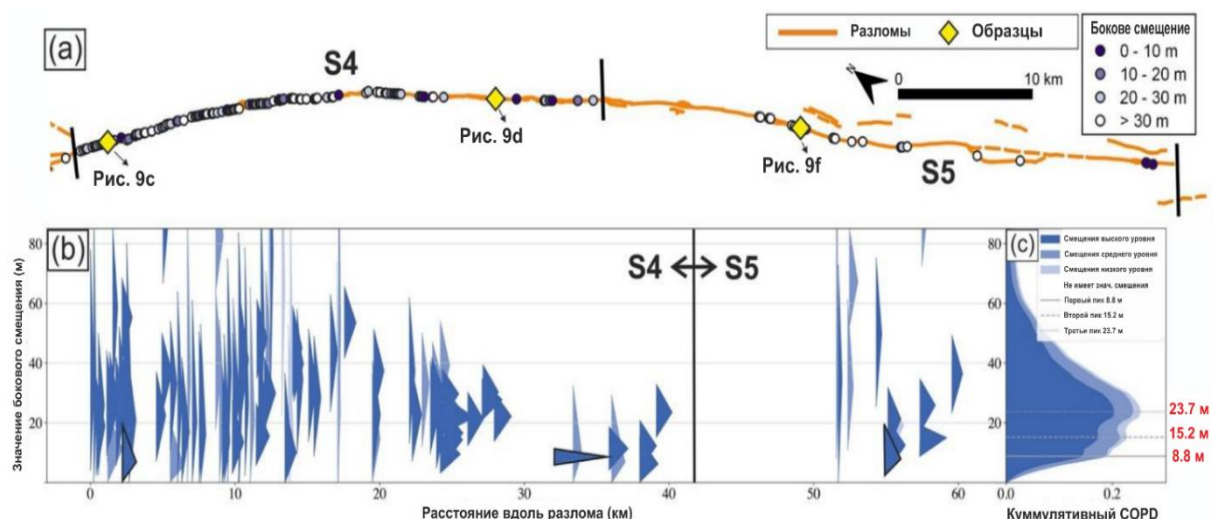
3.1-Сүрөт. Лепси жана Жунгар жаракасынын аймагынын картасы:

(а) Рельефтин санариптик модели (РСМ НМА), Лепси жаракасын (кызыл сызык) жана Жунгар жаракасынын бир бөлүгүн (кызгылт сары сызык) менен көрсөтүлгөн. Үзгүлтүксүз эңкейиши $>30^\circ$ боюнча аныкталган «жаңы» кырлар сары түс менен белгиленген. Ак үзүк сызыктар Лепси жаракасынын үч негизги бөлүгүн бөлүп турат. Капталдын жылышын өлчөө жерлери күлгүн чекиттер менен көрсөтүлгөн. Жылышуунун векторунун эсептелген азимут диапозону Кэмпбелл ж.б. (2015) боюнча $317^\circ\text{--}343^\circ$. LPR-Лепси дарыясы; SGR- Шынжылы дарыясы; TTR-Тентек дарыясы, ZMR – Жаманты дарыясы. (б) Лепси жаракасынын борбордук бөлүгүндө («а» караңыз) үч топографиялык профилдердин (L1, L2 жана L3) позициялары менен экинчилик кырлар, кыска кызыл сызыктар менен көрсөтүлгөн. (с) Топографиялык профили (L4) белгиленген Тентек дарыясына жана жайгашкан жаракалар. Кара үзүк сызыктар - дарыянын террасасы. (d) РСМ НМА алынган топографиялык профилдер. (е) жана (г) Лепси жаракасынан табылган эң аз каптал жылыштары бар объекттердин спутниктик сүрөттөрү, жайгашкан жер үзүн «b» караныз, жылышуулардын маанилерин (f) жана (h) көрсөтүлгөн.



3.2-Сүрөт. Изилдөө аймагынын космостон Google Earth алынган сүрөтү: Жунгар жаракасы (DZF), Лепси жаракасынын чыгыш бөлүгү (LPF), ошондой эле Жунгар Алатоо тоолорундагы экинчи жаракалар жана картага түшүрүлгөн жер көчкүлөр. Жылышууну өлчөө жерлери чекиттер менен белгиленген. SSR- Шынжылы дарыясы; TTR- Тентек дарыясы; ZMR- Жаманты дарыясы; RGR- Рыгайты дарыясы; KR: Токты дарыясы; JR- Цзин дарыя.

Түндүк бутагы вертикалдык жылышуусу жана оң тайгалануусу бар, бийиктиги болжол менен 14 м. Түштүк бутагы 7,3 метрден 9,2 метрге чейинки эң кичине каптал жылышуусу менен оң каптал жылышуусу менен мүнөздөлөт. S4 жана S5 сегменттеринде орто азимуту менен 328° жылышуу мүнөзү басымдуулук кылат (3.2-сүрөттү караңыз). Ченелген 6.9–8.8 м каптал жылыштар акыркы үч жер титирөөнүн натыйжасындагы кыймылын тастыктаган. Жылышуунун кумулятивдик тыгыздыгын талдоо (COPD) 8,8 м, 15.2 м жана 23.7 м болгон үч чокуну көрсөтөт (3.3-сүрөттү караңыз). S6 жана S7 сегменттеринде жаракка 328° га созулган таза жылыш катары көрүнөт (3.2-сүрөттү караңыз).



3.3-Сүрөт. Жунгар жаракасынын S4 жана S5 тилкелеринин маршруту (a). Жылышуунун ыктымалдык тыгыздыгынын (COPD) графиги (b). Ыктымалдуу жылышуунун кумулятивдик тыгыздыгынын (COPD) уч чокусунун маанилери кызыл сандар менен белгиленген (c).

Жаңы жээктер аныкталган жок, бирок 20-30 метрлик оң капталдык жылыштар байкалат. Кырлардын диффузия коэффициентинин (кт) орточо жашы $11.3 \pm 1.6 \text{ м}^2$ түзөт, бул 2-3.6 миң жашка чейинки мезгилди көрсөтөт. Жунгар жана Лепси жаракаларынын ортосундагы өткөөл зонадагы тоо кыркаларынын четинде, айрыкча батыш жана түндүк капталдарындагы өрөөндөрдө кичинекей көлдөрдү пайда кылган жаңы жаракалар жана таш көчкүлөр табылды (3.2-сүрөттү карагыла).

4 -БӨЛҮМ. ПАЛЕО-ЖЕР ТИТИРӨӨЛӨРДҮН МҮМКҮН БОЛГОН СЦЕНАРИЙЛЕРИ. Жаракаларды моделдөөнүн натыйжалары, болжолдуу палео-жер титирөөлөрдүн магнитудалары эки сценарий боюнча жана изилденүүчү аймактагы заманбап жана тарыхый сейсмикалык салыштыруунун натыйжалары берилген.

Палео-жер титирөөлөрдүн эки сценарийи каралды. Биринчи сценарийде (S1) аймактагы жаракалар бир жер титирөөнүн натыйжасында, анын ичинде Лепси жана Жунгар жаракаларынын ортосундагы өткөөл зонада пайда болгон деп болжолдонууда. Экинчи сценарийде (S2) Жунгар жаракасынын S2-S7 сегменттери бир убакта түзүлгөн. Тажрыйбалык мамилелерди жана жылышуу менен бузулуу узундугунун ортосундагы масштабдуу мамилелерди колдонуу менен S1 үчүн $M_w \approx 7.7-8.2$ жана S2 үчүн $M_w \approx 7.7-8.0$ диапазонундагы M_w магнитудалары эсептелген. Комплекстүү сейсмикалык моментин колдонуу S1 үчүн 8.1-8.4 диапазонундагы M_w моментинин чоңдуктарын жана S2 деги Жунгар жаракасы үчүн гана 7.9-8.2 диапазонунда алууга мүмкүндүк берет.

Магнитуданын эсептелген моменттеринин диапазондору Чиликтеги ($M_w \approx 8.0-8.3$) жана Чоң-Кеминдеги ($M_w \approx 7.8-8.0$) жер титирөөлөрүндө алынгандарга окшош (Абдрахматов К. 2016, Крюгер Ф. 2017, Куликова Г. 2015, Арросмиз Р. 2017), деформациянын төмөнкү ылдамдыгына карабастан, түндүк Тянь-Шандагыдай болгон жер титирөөлөр Жунгар Алатоосунда болушу мүмкүн экенин көрсөтүп турат.

Алынган маалыматтар көрсөткөндөй, Жунгар Алатоосунан Казак платформасына чейин чыгыш-батыш багытында болжол менен 120 км багытына созулган Лепси жаракасы мурда эң күчтүү жер титирөөлөрдү башынан өткөргөнүн көрсөтүп турат. Изилдөөчүлөрдүн Лепси жаракасынын жер үстүндөгү акыркы окуялардын жашы боюнча эсептөөлөрү бул жерде эки чоң жер титирөө болгонун көрсөтүп турат: биринчиси кеминде 5000 жыл мурун жараканын батыш бөлүгүндө, экинчиси 400 жылдай мурун бүткүл узундугу боюнча. Ар кандай эмпирикалык мамилелерди колдонуу менен жер титирөөнүн өлчөмүн эсептөөлөр акыркы окуянын максималдуу күчү 7.5-8.2 болушу мүмкүн экенин көрсөтүп турат.

Бул маалыматтар Лепсидеги жер титирөө Мушкетов, Орловдун каталогунда 1715-жылы Жунгариядагы эң алгачкы катуу жер титирөө катары айтылган окуя болушу мүмкүн экенин көрсөтүп турат. Бирок бул учурда эки башка жер титирөө болгон деп айтууга негиз бар. Кытай каталогунда 1716-жылы магнитудасы 7.5 Текес жер титирөөсү тууралуу маалымат бар, анын очогу болжолдонгон Лепси жер титирөөсүнөн түштүк тарапта, болжол менен 300 км алыстыкта жайгашкан.

Болбосо, Текес жер титирөөсү Лепси жер титирөөсүнө жакын тарыхый мезгилде (болжол менен 400 жыл мурун) болгонуна карабастан, мейкиндик жактан булар башка булактар болгон. Эки жер титирөө тең абдан күчтүү болуп, магнитудасы $M_w = 7.5$ болгон, бирок алардын эпицентрлери ар башка жерлерде жайгашкан.

Түндүк Тянь-Шандын жана Жунгариянын аймагындагы күчтүү жер титирөөлөрдүн көрүнүшүнүн маанилүү өзгөчөлүгү алардын активдүүлүктүн белгилүү мезгилдериндеги мейкиндик-убакыттык топко бөлүнүшү болуп саналат. Мисалы, XIX кылымдын аягы жана XX кылымдын башында бир сейсмогендик зонанын чегинде Вернен (1887), Чилик (1889) жана Чоң Кемин (1911) сыяктуу бир нече күчтүү жер титирөөлөр болуп, алардын экөөсү магнитудага 8ден ашык болгон. Ушундай эле көрүнүш Жунгария аймагында да байкалат.

Жунгариядагы күчтүү жер титирөөлөрдүн убактылуу бөлүштүрүлүшү боюнча маалыматтар келтирилген, алар күчтүү жер титирөөлөрдүн жана тынч мезгилдердин болушу менен активдешүү мезгилинин алмашып турушун көрсөтүп турат. Учурда бул аймактагы эң күчтүү жер титирөөлөрдүн сейсмикалык тыныгуусу байкалууда.

Ар кандай булактардан алынган маалыматтарды колдонуу Жунгариядагы айрым жер титирөөлөрдүн параметрлерин тактоого мүмкүндүк берди. Мисалы, 1906-жылы болгон Манас жер титирөөсү жана 1944-жылы болгон эки Сиянь жер титирөөсү кайрадан бааланып, алардын параметрлери Борбордук Азиядагы жер титирөөлөрдүн каталогуна киргизилген. Бул маалыматтар ошондой эле 1979-жылдагы Баканас жер титирөөсүнүн мүнөзүн жакшыраак түшүнүүгө жардам берди. Жунгариянын ар кайсы аймактарындагы жер титирөөлөрдө негизги силкинүүлөрдүн жана жер титирөөлөрдүн көрүнүшүндө окшоштуктар аныкталды. Азыркы учурда эң күчтүү жер титирөөлөрдүн сейсмикалык басаңдашына карабастан, азыраак (5-6) магнитуда менен жер титирөөлөр Казакстанда да, Кытайда да болуп жатат.

Анализ көрсөткөндөй, бардык учурларда жер титирөөлөрдүн очокторунда процесстердин өнүгүү өзгөчөлүктөрү, анын ичинде Түндүк - жана Түштүк-Чыгыш созулуусунда тик тегиздиктеринин айкалышы жана алардын кыймыл схемасына өз ара таасири байкалат. Афтершок иш-аракеттери, ошондой эле алардын пайда болуу очокторунун мейкиндикте бөлүштүрүлүшүнө байланыштуу белгилүү бир мыйзам ченемдүүлүктөрү менен мүнөздөлөт.

Акыркы он жылдагы Джунгария аймагындагы сейсмикалык кырдаал туруксуздугу менен айырмаланып турат. 2007-жылдан бери 3 магнитуда менен жана андан жогору болгон сейсмикалык окуялардын ар кандай энергетикалык диапазондорун камтыган жер титирөөлөрдүн санынын көбөйүшү менен алсыз сейсмикалуулугунун өсүшү байкалды. Магнитудасы 5 же андан жогору болгон окуялардын санынын өсүү тенденциясы аймактагы активдүүлүктүн жогорулагандыгын көрсөтүп турат.

ЖЫЙЫНТЫКТОО

Аткарылган иштин негизги корутундулары жана натыйжалары болуп төмөнкүлөр саналат:

1. Изилдөөлөрдүн натыйжалары ири континент ичиндеги жылышуу жаракасында жер титирөө болушу мүмкүн экендигинин баалуу мисалын көрсөтөт. Палео-жаракалардын спутниктен алынган сүрөттөрүнүн жана талаа изилдөөлөрүнүн анализдери жана байкоолору боюнча Жунгар-Лепси биргелешкен жер ажыроосунун узундугу 375 кмге чейин жетип, акыркы 4000 жыл ичинде болгон чоң жер титирөөнүн кесепети ыктымалдыгын көрсөтүп турат.

2. Бул татаал жер титирөө түндүк жылышуу сегменттеринде ~20 метр жана түштүк таза жылышуу сегментинде 6-9 метрге жеткен эки өзүнчө жарака жана алардын ортосунда бөлүштүрүлгөн жарака кыймылы менен байланыштуу болгон. Жунгар жана Лепси жаракаларындагы бул палео-жер титирөөнүн болжолдуу магнитудасы $M_w=8.4$ жетет, бул аны эң ири ички континенталдык жер титирөөлөрдүн катарына киргизет.

3. Жунгария аймагынын сейсмикалык тарыхы боюнча жаңы маалыматтар алынды, Балхаш аймагында Лепси жаракасында мурда күчтүү жер титирөөлөр болгонун, алардын акыркысынын магнитудасы болжол менен $M_w=8$, жана ал болжол менен 400 жыл мурун болгонун көрсөтүп турат. Ошол эле учурда Жунгарияда болжолдонгондой бир эмес, күчү $M_w=7.5-8.2$ жана $M_w=7.5$ болгон - Лепси жана Текесс эки башка күчтүү жер титирөөлөрү болгон.

4. Бул фактыдан сейсмикалык коркунучту баалоодо жана узак мөөнөттүү деформацияларды эске алууда изилдөөлөр аспаптык байкоолордун мезгилинин маалыматтары менен гана чектелбестен, бир кыйла көбүрөөк убакытты камтышы керек деген тыянак келип чыгат. Лепси жаракасынын мисалы көрсөткөндөй, туруктуу деп эсептелген аймактардагы курулуштар иш жүзүндө чынында сейсмикалык жактан кооптуу болушу мүмкүн.

5. Казакстандын аймагындагы Жунгариядагы жана Кытайдын аймагындагы акыркы мезгилдеги эң күчтүү жер титирөөлөрдүн ар кандай параметрлерин салыштыруу алардын параметрлеринин жана баштапкы процесстеринин өнүгүшүнүн сценарийлеринин чоң окшоштугун көрсөтөт. Казакстандагы Текелидеги жер титирөө жана Кытайдагы Борохор эки жер титирөөлөрү бул аймакта иштеп жаткан чыналуунун бирдиктүү системасы жөнүндөгү корутундуну тастыктай турганы көрсөтүлгөн.

6. Күчтүү жер титирөөлөр боюнча жаңы сейсмикалык маалыматтар Жунгариядагы геодинамикалык курулуштар жана тектоникалык интерпретациялар үчүн негиз болуп берет жана жаңы муундун сейсмикалык райондоштуруу карталарын түзүүдө күчтүү жер титирөөлөрдүн аныкталган очокторун эске алынуусу керек.

ДИССЕРТАЦИЯНЫН ТЕМАСЫ БОЮНЧА ЖАРЫЯЛАНГАН ЭМГЕКТЕРДИН ТИЗМЕСИ

1. **Mukambayev A.** Central Asia earthquake catalogue from ancient time to 2009 /Mikhailova N.N., Aristova I.L., Kulikova G.,Ullah S.,Pilz M., Bindi D. //

Annals of Geophysics. – 2015. - Vol 58. – No 1. (Scopus, IF1). Процентиль 57%, CiteScore 2.3, Квартиль - 3,0. – Кирүү режим:

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27837335>

2. **Mukambayev A.** Multisegment rupture in the 11 July 1889 Chilik earthquake (Mw 8.0-8.3), Kazakh Tien Shan, interpreted from remote sensing, field survey, and paleoseismic trenching / Abdrakhmatov, K. E., Walker, R. T., Campbell, G. E., Carr, A. S., Elliott, A. J., Hilleman, C., Hollingsworth, J., Landgraf, A., Mackenzie, D., Mukambayev, A., Rizza, M., & Sloan, R. A. // Journal of Geophysical Research: Solid Earth, – 2016, – Vol. 121, – Iss. 6, – P. 4615-4640. (Scopus, IF- 3.65). Процентиль 90%, CiteScore 6.0, квартал - 1,0. – Кирүү режим:

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27063250>

3. **Mukambayev A.** Assessing the activity of faults in continental interiors: Palaeoseismic insights from SE Kazakhstan / Grützner, C., Carson, E., Walker, R. T., Rhodes, E. J., Mukambayev, A., Mackenzie, D., Elliott, J. R., Campbell, G. E., & Abdrakhmatov, K. E. // Earth and Planetary Science Letters. – 2017, – Vol. 459, – P. 93–104. (Scopus, IF- 3.166). Процентиль 98%, CiteScore 8.6, квартал - 2,0. – Кирүү режим: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27969733>

4. **Mukambayev A.** Active Tectonics Around Almaty and along the Zailisky Alatau Range front / Grützner, C., Walker, R. T., Abdrakhmatov, K. E., Mukambayev, A., Elliott, A. J., & Elliott, J. R. // Tectonics, – 2017, – Vol. 36, – Iss. 10, – P. 2192–2226. (Scopus, IF- 2.5). Процентиль 93%, CiteScore 6.5, квартал - 1,0. – Кирүү режим: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=31040632>

5. **Mukambayev A.** A creeping intracontinental thrust fault: past and present slip-rates on the Northern edge of the Tien Shan, Kazakhstan / Mackenzie D., Walker R.T., Abdrakhmatov K., Campbell G., Carr A.S., Grützner C., Mukambayev A., Rizza M. // Geophysical Journal International. – 2018. – Vol. 215, – Iss.2, – P.1148-1170. (Scopus, IF- 3.22). Процентиль 76%, CiteScore 4.5, квартал - 2,0. – Кирүү режим: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38648991>

6. **Mukambayev A.** Shortening Accommodated by Thrust and Strike-Slip Faults in the Ili Basin, Northern Tien Shan. / Grützner, C., Campbell, G. E., Walker, R. T., Jackson, J. A., Mackenzie, D., Abdrakhmatov, K. E., & Mukambayev, A. // Tectonics. – 2019, – Vol. 38, – Iss. 7, – P. 2255-2274. (Scopus, IF- 4.3). Процентиль 87%, CiteScore 5.9, квартал - 1,0. – Кирүү режим:

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41666940>

7. **Мукамбаев А.С.** Жунгариянын сейсмикалык тарыхынын жаңы деталдары жана азыркы сейсмикалуулугу / Михайлова Н.Н., Мукамбаев А.С., Полешко Н.Н., Аристова И.Л. // Казакстан Республикасынын Улуттук ядролук борборунун Вестниги. – 2019. – Чыгарылыш. 2. – 81-87 б. – Кирүү режим:

https://kndc.kz/kndc/docs/publication/2019_4.pdf

8. **Мукамбаев А.С.** Чыгыш Жунгар жаракасынын зонасындагы азыркы сейсмикалуулугу жана байыркы жер титирөөлөрдүн издери / Абдрахматов К.Е. // Кыргызстандын илими, жаңы технологиялары жана инновациялары. – 2021-жыл – 1-чыгарылыш. – Кирүү режим:

<http://science-journal.kg/ru/journal/1/archive/14061>

9. Мукамбаев А.С. Казакстан Республикасынын Улуттук ядролук борборунун сейсмикалык станциялары жана алардын Чыгыш Казакстандын сейсмикалык коркунучун баалоо маселелерин чечүүгө кошкон салымы / Михайлова Н.Н., Мукамбаев А.С. // Казакстан Республикасынын Улуттук ядролук борборунун Вестниги. – 2022. – 2-чыгарылыш. – 3–16 б. – Кирүү режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48683408>

10. Mukambayev A. Probing the upper end of intracontinental earthquake magnitude: a prehistoric example from the Dzhungarian and Lepsy faults of Kazakhstan / Tsai C.-H., Abdrakhmatov K., Mukambayev A., Elliott A.J., Elliott J.R., Grützner C., Rhodes E.J., Ivester A.H., Walker R.T., Wilkinson R. // Tectonics. – 2022, – Vol.41, – Iss.10. (Scopus, IF- 4.3). Процентиль 93%, CiteScore 8.7, квартиль - 1,0. – Кирүү режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=57391609>

**Мукамбаев Айдын Сериковичтин 25.00.01 – жалпы жана аймактык
геология адистиги боюнча геология-минералогия илимдеринин
кандидаты илимий даражасын алуу үчүн “Чыгыш Тянь-Шань жана
Жунгариянын азыркы сейсмикалуугу жана палеосейсмологиясы” аттуу
диссертациялык ишинин
РЕЗЮМЕСИ**

Негизги сөздөр: активдүү жарака, жер титирөө, сейсмикалык коркунуч, сейсмикалык мониторинг, магнитуда, жер титирөөнүн каталогу, фокалдык механизмдер.

Изилдөөнүн объектиси болуп активдүү жаракалар, Жунгардын тарыхый жана заманбап сейсмикалуулугу болуп саналат саналат.

Изилдөөнүн предмети: Жунгариянын аймагында аныкталган Чыгыш Тянь-Шандын ири континенталдык жер титирөөлөрүнүн пайда болуу шарттары жана мүнөздөмөлөрү.

Иштин максаты: активдүү жаракалар жөнүндөгү маалыматтардын негизинде Жунгариянын аймагынын сейсмикалык коркунучун кайрадан баалоо.

Изилдөө методдору жана аппаратура: сейсмологиялык мониторинг; сейсмикалык каталогдорду жалпылоо, системалаштыруу, салыштыруу жана статистикалык талдоо; ЖАЗ жана УУА маалыматтарын чогултуу, иштетүү жана талдоо; горизонталдык жана вертикалдык жылыштарды өлчөө; төртүнчүлүк чөкмөлөрдү морфологиялык талдоо жана мөөнөтүн аныктоо; заманбап программалык каражаттарды колдонуу менен ар кандай тематикалык карталарды куруу; изилдөө жүргүзүү үчүн төмөнкү аппаратура колдонулду: УУА DJI Phantom 4Pro, прибор GNSS Trimble Spectra SP60.

Изилдөөнүн натыйжалары жана илимий жаңылыгы. Чыгыш Казакстандын негизги жаракаларынын (Жунгар жана Лепси жаракалары) сейсмикалык коркунуч деңгээли бааланган. Жунгар жаракасынын сейсмопотенциалы жана ага байланыштуу сейсмогенерация зонасы чоңойтулган. Тарыхый мезгилден 2023-жылга чейинки Жунгария аймактарындагы жер титирөөлөрдүн бирдиктүү каталогу түзүлгөн.

Колдонуу боюнча сунуштар. Күчтүү жер титирөөлөр жөнүндө жаңы сейсмикалык маалыматтар Жунгариядагы геодинамикалык курулуштарга жана тектоникалык интерпретацияларга негиз берет, эң күчтүү жер титирөөлөрдүн аныкталган очоктору жаңы муундагы сейсмикалык зоналаштыруу карталарын эсептөөдө эске алынууга тийиш.

Колдонуу чөйрөсү. Изилдөөнүн жыйынтыктары ар кандай деталдуулуктагы сейсмикалык райондоштуруу карталарын түзүүдө колдонулат. Алынган натыйжалар имараттардын жана курулмалардын курулушунда эске алуу керек болгон топурактын интенсивдүүлүгүнүн жана максималдуу жогорку ылдамдануусунун маанилеринин көңүлгө алууга туура келет.

РЕЗЮМЕ

диссертации Мукамбаева Айдына Сериковича на тему «Современная сейсмичность и палеосейсмология восточного Тянь-Шаня и Джунгарии» на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.01 – общая и региональная геология

Ключевые слова: активный разлом, землетрясение, сейсмическая опасность, сейсмический мониторинг, магнитуда, каталог землетрясений, механизмы очагов.

Объектом исследования являются активные разломы, историческая и современная сейсмичность Джунгарии.

Предмет исследования: условия возникновения и характеристики крупных континентальных землетрясений восточного Тянь-Шаня, выявленных на территории Джунгарии.

Цель работы: переоценка сейсмической опасности территории Джунгарии на основе данных об активных разломах.

Методы исследования и аппаратура: сейсмологический мониторинг; создание, обобщение, систематизация, сравнение и статистический анализ сейсмических каталогов; сбор, обработка и анализ данных ДЗЗ и БПЛА; измерения горизонтальных и вертикальных смещений; морфологический анализ и датировка четвертичных отложений; применение современных программных средств для построения различных тематических карт; для проведения исследования использована следующая аппаратура: БПЛА DJI Phantom 4Pro, прибор GNSS Trimble Spectra SP60.

Полученные результаты и их новизна. Оценен уровень сейсмической опасности главных разломов восточного Казахстана (Джунгарский и Лепсиский разломы). Увеличен сейсмопотенциал Джунгарского разлома и связанной с ним сейсмогенерирующей зоны. Составлен унифицированный каталог землетрясений территории Джунгарии с исторических времен по 2023 год.

Рекомендации по использованию. Новые сейсмические данные о сильных землетрясениях дают основу для геодинамических построений и тектонических интерпретаций в Джунгарии, выявленные очаги сильнейших

землетрясений должны быть учтены при расчетах карт сейсмического зонирования нового поколения.

Область применения. Результаты исследования будут использованы при создании карт сейсмического зонирования разной детальности. Полученные результаты повлекут за собой расчеты значений интенсивности и максимальных пиковых ускорений грунта, которые надо учитывать при строительстве зданий и сооружений.

SUMMARY

**of the dissertation by Aydyn Serikovich Mukambaev
on the topic “Modern Seismicity and Paleoseismology of the Eastern Tien Shan and Dzhungaria” submitted for the degree of Candidate of Geological and Mineralogical Sciences specialty 25.00.01 – general and regional geology**

Key words: active fault, earthquake, seismic hazard, seismic monitoring, magnitude, catalog of earthquakes, focal mechanisms.

The object of the study is active faults, historical and modern seismicity of Dzungaria.

Subject of the study: conditions of origin and characteristics of large continental earthquakes of the eastern Tien-Shan identified on the territory of Dzungaria.

Purpose of work: reassessment of seismic hazard of the territory of Dzungaria on the basis of data on active faults.

Research methods and equipment: seismological monitoring; creation, generalization, systematization, comparison and statistical analysis of seismic catalogs; collection, processing and analysis of remote sensing and UAV data; measurements of horizontal and vertical displacements; morphological analysis and dating of Quaternary sediments; application of modern software for the construction of various thematic maps; the following equipment was used for the study: UAV DJI Phantom 4Pro, GNSS Trimble Spectra SP60.

Obtained results and their novelty. The level of seismic hazard of the main faults of eastern Kazakhstan (Dzungarian and Lepsin faults) has been estimated. The seismic potential of the Dzungarian fault and the associated seismic generating zone has been increased. A unified catalog of earthquakes in the territory of Dzungaria from historical times to 2023 has been compiled.

Recommendations for use. New seismic data on strong earthquakes provide a basis for geodynamic constructions and tectonic interpretations in Dzungaria, the identified sources of strongest earthquakes should be taken into account in calculations of new generation seismic zoning maps.

Scope of application. The results of the study will be used in the creation of seismic zoning maps of different detail. The obtained results will entail calculations of intensity values and maximum peak ground accelerations, which should be taken into account in the construction of buildings and structures.

