Кыргыз Республикасынын Улуттук Илимдер Академиясы
Суу көйгөйлөрү жана гидроэнергетика институту

Диссертациялык кеңеш Д 25.23.687

Кол жазма укугунда

УДК: 624. 131.

Загинаев Виталий Викторович

Кыргызстандагы сел агымдарынан келип чыккан георисктердин калыптанышы жана типтештирүү закономерностору

Автореферат

геология-минералогия илимдеринин доктору

илимий даражасын алуу үчүн диссертация
25.00.08 – инженердик геология, муздак чөйрө изилдөө жана топурак изилдөө

Бишкек - 2025

Иш Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Суу көйгөйлөрү жана гидроэнергетика институтунда аткарылды

Илимий консультанттар: академик НПАН КР и РТ
Маматканов Дуйшен Маматканович
КР УИА география илимдеринин доктору, профессор
Чонтоев Догдурбек Токтосартович

Расмий оппоненттер: **Мавлонов Аслон Акрамович**
доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, УГН «Институт гидрогеологии и инженерной геологии» Республики Узбекистан, г. Ташкент
Ибрагимов Азиз Собирович доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, УГН «Институт гидрогеологии и инженерной геологии» Республики Узбекистан, г. Ташкент (25.00.07; 25.00.08)
Едигенов Михаил Беккужиевич
доктор геолого-минералогических наук,

Жетектөөчү уюм:

Коргоо « » саатта КР УИА Суу көйгөйлөрү жана гидроэнергетика институтундагы Д 25.23.687 диссертациялык кеңештин отурумунда жана Өзбекстан Республикасы «Гидрогеология жана инженердик геология институту» Геологиялык илимдер университетинде онлайн режиминде өтөт, дарек: Бишкек ш., Фрунзе көч., 533; Ташкент ш., Мирзо Өлүгбек району, Олимлар көчөсү, 64.

Диссертация менен Кыргыз Республикасынын Улуттук Илимдер академиясынын Суу көйгөйлөрү жана гидроэнергетика институтунун китепканасында тааныша аласыз: 720033, Бишкек ш., Фрунзе көч., 533, 3-кабинет, тел.+996 312 323728, e-mail:; Ташкент ш., Мирзо Өлүгбек району, Олимлар көчөсү, 64, Өзбекстан Республикасы. e-mail: info@uzgeouniver.uz; телефон: +998 (71) 256-13-49 жана сайттарда http://www.vak.kg; http://iwp.kg/index: php/dissertatsionnyj-sovet.

Автореферат « » июль 2025-ж. жөнөтүлдү.

Диссертациялык кеңештин илимий катчысы, г.и.к. О.Ю. Калашникова

ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертация темасынын актуалдуулугу.

Диссертация темасынын актуалдуулугу талашсыз, өзгөчө Кыргыз Республикасынын аймагында сел агымдары калк үчүн олуттуу коркунуч көрсөткөн шартта. Бул жерде белгилеп коюш керекки, жамгыр агымдарынын жайылганына карабастан, алар дайыма калк жана аймактар үчүн коркунуч көрсөтпөйт. Бийик тоолуу көлдөрдүн ачылышы учурунда пайда болгон сел агымдары алда канча кыйратуучу жана күчтүү деп эсептелет.

Кыргызстандагы көпчүлүк элди мекендер дарыялардын арналарына жакын жайгашып, ошентип сел агымдары жана сел толкундарынан болгон потенциалдуу коркунучка кабылышат. Бул табигый кубулуштар жашоочулардын жашоосуна гана эмес, инфраструктурага да коркунуч туудурат, анын ичинде автомобиль жолдору, чарба курулуштары, электр өткөргүч линиялар, түтүк өткөргүчтөр, айыл чарба жерлери жана жайыттар.

Сел агымдары көп учурда кеңири аймактарды камтыйт жана аймактарды калыбына келтирүү жана реабилитациялоо үчүн чоң ресурстарды талап кылат. Бул аспектилердин баары коомдук тармакка олуттуу таасир этип, билим берүү, саламаттыкты сактоо жана калктын турмуштук маанилүү муктаждыктарын камсыз кылуу тармагында кошумча кыйынчылыктарды жаратат, ошондой эле өлкөнүн туруктуу өнүгүү стратегиясын пландаштырууда комплекстүү мамилени талап кылат. 2024-жыл акыркы 30 жылдын ичиндеги эң сел активдүү жылдардын бири болуп чыкты, бул жыл ичинде 50дөн ашык катастрофалык сел каталды.

Тянь-Шандын предгорье жана тегиздик жердеги көп калктуу аймактары ар түрдүү коркунучтуу экзогендик геологиялык процесстердин таасири астында, анын ичинде беттик жана арна кубулуштары. Бул райондордо жашоо көбөйгөн тобокелдик менен байланышкан, өзгөчө бийик тоолуу зоналарда. Кыргыз Республикасынын тоо өрөөндөрү жана предгорье тегиздиктери коркунучтуу экзогендик жана эндогендик процесстердин таасири астында, мисалы жер титирөөлөр, жер көчкүлөр, түшкүлөр, кулалар, селдер, таш түшүүлөр, бийик тоолуу көлдөрдүн ачылышы жана башкалар. 1990-жылдан 2023-жылга чейин экзогендик геологиялык процесстер жана метеорологиялык кубулуштар 1820дан ашык сел жана толкун учурларын келтирип чыгарды. Сел процесстери өлкөдөгү эң жыш кездешкен табигый кырсык болуп саналат, калкка олуттуу зыян келтирип, инфраструктураны жана айыл чарба жерлерин кыйратат. Сел агымдары гидрологиялык жана геологиялык факторлордун таасири астында калыптанат, бул учурда суу агымдын негизин түзөт, ал эми геологиялык шарттар анын ири үзүндүлөр менен байышына көмөктөшөт. Бул изилдөө Тянь-Шандын түндүк беттериндеги сел агымдарын изилдөөгө арналган.

Иштин актуалдуулугу ошондой эле аймактагы бул темада берилиштердин жетишсиздиги менен шартталат, анын татаал геологиялык түзүлүшүн, жогорку сейсмикалык активдүүлүгүн жана өзгөрүп жаткан климаттык шарттарын эске алганда. Изилдөөдө негизги көңүл түндүк жана ички Тянь-Шандын тоо өрөөндөрүнө бурулат, мында жергиликтүү калк үчүн олуттуу коркунуч көрсөткөн сел агымдарынын активдүүлүгүнүн өсүү байкалат. Бул аймактагы сел агымдары жана сел толкундарынан болгон чыгаша чоң болушу мүмкүн, анын ичинде имараттар менен инфраструктураны кыйратуудан болгон түз зыян да, айыл чарба жана жайыттарга болгон кыйыр зыян да камтылат. Ушуга байланыштуу, аймакта сел агымдарын изилдөө катастрофалык кесепеттердин коркунучун жеңилдетүү же жок кылуу үчүн өтө маанилүү болуп калат, анын ичинде коргонуу чараларын иштеп чыгуу жана сунуштарды даярдоо.

Жыл сайын сел агымдары тоолуу, предгорье жана тегиздик аймактарды камтыган ар түрдүү жер түрлөрүндө жашаган жүздөгөн адамдар үчүн олуттуу коркунуч жаратат. Ошол эле учурда сел жана сел толкундарынын түшүшүнөн болгон зыян олуттуу суммага - он миңдеген сомдон миллион сомго чейин бааланышы мүмкүн. Бул зыян үйлөрдү жана чарба объектилерин кыйратуудан болгон түз зыян да, айыл чарба жерлери менен жайыттарды жууп кетүүдөн болуп, өлкөнүн экономикасына зыян келтирген кыйыр зыян да болушу мүмкүн.

Сел агымдарын изилдөө көңүл бурууну жана илимий талдоону талап кылган негизги аспект болуп калат. Бул катастрофалык кесепеттерди жеңилдетүү стратегияларын иштеп чыгуу жана коркунучту толук нейтралдаштыруу үчүн зарыл. Шашылыш коргоо чараларын кабыл алуу жана тиешелүү сунуштарды иштеп чыгуу бул аймакта жашоочулардын коопсуздугун камсыз кылууга жана инфраструктураны сактоого багытталган актуалдуу милдеттерди көрсөтөт.

Бул изилдөөнүн максаттары жана милдеттери сел өрөөндөрүнүн коркунучун жана активдүүлүгүн баалоо ыкмаларын өркүндөтүүгө, ошондой эле алардын коркунучун болжолдоого багытталган. Негизги милдеттер:

- Кыргыз Республикасынын сел процесстеринин өнүгүүсүнүн өзгөчөлүктөрүн изилдөө.
- Геологиялык процесстердин селдердин калыптанышына тийгизген таасирин талдоо.
- Дарыя өрөөндөрүндөгү сел агымдарынан коркунуч келтирген аймактарды аныктоо методикасын иштеп чыгуу.
- Түндүк жана Ички Тянь-Шандын тоо өрөөндөрүндө жайгашкан өрөөндөрдүн мисалында сел активдүүлүгүн палеосел реконструкциясын жүргүзүү.

Изилдөө объектиси Кыргыз Республикасынын тоо өрөөндөрүнүн дарыялары, өзгөчө Түндүк жана Ички Тянь-Шан, анын ичинде сел борборлору, сел агымдарынын алып чыгуу конустары.

Изилдөө предмети сел процесстеринин өнүгүүсүнүн өзгөчөлүктөрү болуп саналат.

Бул иштин илимий жаңылыгы төмөнкүдө:

- Кичинекей сел чогуучу бассейндердин сел активдүүлүгүн баалоо үчүн комплекстүү мамилени иштеп чыгуу;
- Түндүк жана Ички Тянь-Шан дарыяларынын палеосел активдүүлүгүн талдоо үчүн дендрохронологиялык датировкалоо ыкмасын колдонуу;
- БПЛА колдонуу менен сел агымдарынын зыян келтирген зонасынын чектерин аныктоо методикасын өркүндөтүү;
- Кыргыз Республикасынын сел коркунучтуу дарыяларынын каталогу түзүлдү.

Изилдөө натыйжаларынын практикалык мааниси төмөнкүдө:

- Иштелип чыккан сел процесстеринин өнүгүү карталары жана схемалары Кыргыз Республикасынын Өзгөчө кырдаалдар министрлиги тарабынан сел агымдарынан коргоо чараларын пландаштыруу үчүн өлкө аймагында коркунучтуу кубулуштардын өнүгүү болжолдорун түзүү үчүн колдонулат.
- Иштелип чыккан сел коркунучун баалоо критерийлери эң алсыз тоо өрөөндөрүн аныктоого мүмкүнчүлүк берет, бул сел коркунучун эффективдүү башкарууда каражаттарды үнөмдөөгө жана тобокелдүү жерлерде курулуш иштерин алдын алууга жардам берет.
- Изилдөө натыйжалары Кыргызстанда калкты табигый коркунучтардан коргоо системасын уюштуруу учурунда кеңири колдонулат.
- Бул ишта иштелип чыккан жана көрсөтүлгөн материал сел процесстерин изилдөө жана тиешелүү адистиктердеги магистранттар менен аспиранттар үчүн окутуу материалы катары колдонулушу мүмкүн.

Диссертацияда көрсөтүлгөн негизги жоболор:

1. Кыргыз Республикасынын тоо капталдарынын репрезентативдүү кичинекей сел чогуучу бассейндеринин жана кургак дарыялардын мисалында тоо капкандары менен өрөөндөрдөгү сел коркунучун баалоо үчүн иштелип чыккан илимий негизделген методологиялык мамилелер жана критерийлер.
2. «Палеоселтаануу» инновациялык илимий багытын өнүктүрүү, бул дендрохронология ыкмасын колдонуу менен селдердин палеосел реконструкциясы боюнча жүргүзүлгөн талаа аспаптык изилдөөлөр менен негизделген, Түндүк жана Ички Тянь-Шандын типтештирилген пилоттук сел коркунучтуу дарыя бассейндери үчүн сел активдүүлүгүнүн коэффициентин эсептөө менен
3. БПЛА жана ГИСти колдонууну эске алуу менен сел жана толкун агымдары менен зыян келтирүү зонасын эсептөөгө жаңы модернизацияланган мамиле, бул болжолдук берилиштердин

ишенимдүүлүгүн такташтырууга жана калк менен тоолуу аймактарга сел тобокелдиктеринин терс таасирин азайтуу үчүн сунуштарды иштеп чыгуунун эффективдүүлүгүн жогорулатууга мүмкүнчүлүк берди.

4. Биринчи жолу Кыргыз Республикасынын изилденген тоо өрөөндөрүнүн дарыя бассейндеринин муздуктардын морена менен жабылышы жана сел активдүүлүгүнүн өз ара байланышынын өзгөчөлүктөрү аныкталды жана ролу бааланды, ошондой эле жогоруда алынган берилиштерди КР ӨКМнын практикалык ишмердүүлүгүнө киргизүүнүн натыйжалары.

5. Биринчи жолу бүт Кыргыз Республикасынын аймагы үчүн сел коркунучтуу дарыялардын каталогу түзүлдү.

Басылмалар. Докторлук диссертациянын натыйжалары авторлордун басылмаларында жетиштүү толук чагылдырылган. Диссертация темасы боюнча 12 илимий иш басылды, алардын ичинен 4ү чет өлкөлүк журналдарда (Scopus), эки басылмада биринчи автор болуп эсептелет, үч басылма РИНЦ рецензияланган журналдарда, калган басылмалар КР ВАК сунуш кылган журналдарда жасалды - КР УИК кабыл алган балл системасы боюнча жалпы 335 балл.

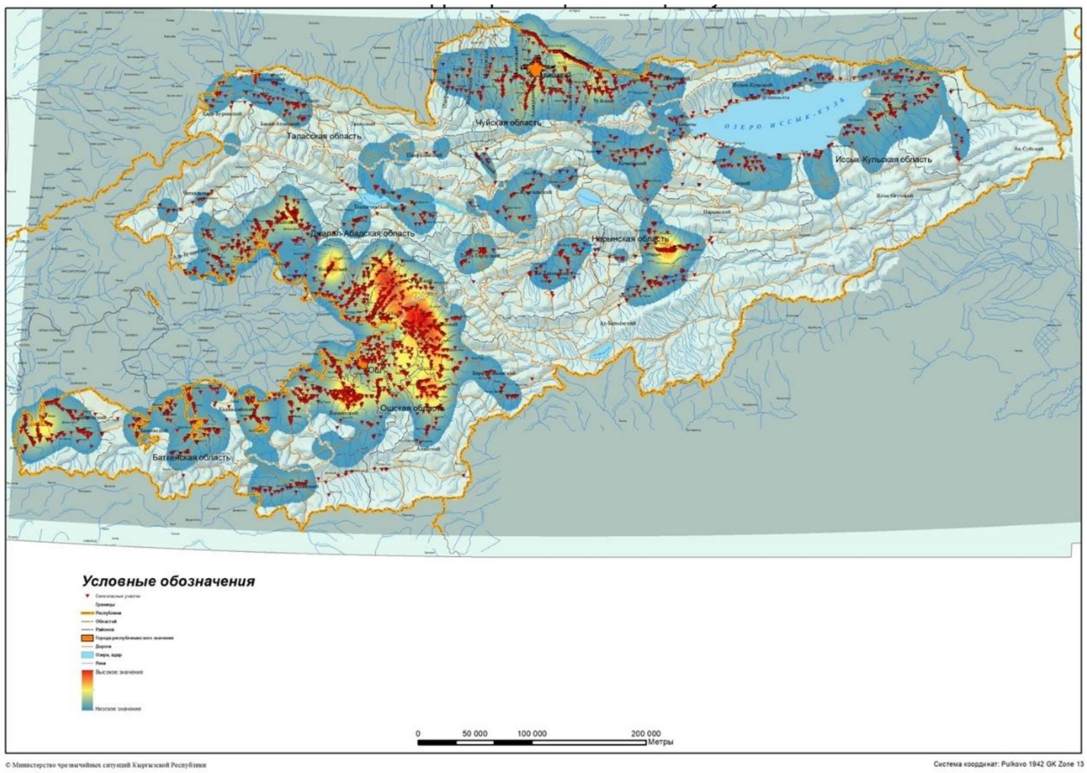
ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ИШТИН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Киришүүдө диссертация темасынын актуалдуулугу негизделген, изилдөөлөрдүн максаттары жана милдеттери түзүлгөн, коргоого чыгарылган негизги илимий жоболор аныкталган, алынган натыйжалардын илимий жаңылыгы жана практикалык мааниси келтирилген. Басылмалардын саны жөнүндө берилиштер келтирилген. Жалпысынан сел агымдарын жана Борбордук Азия өлкөлөрү үчүн өзгөчө изилдөөдө төмөнкү окумуштуулардын илимий эмгектери салым кошту: Флейшман С.М., Перов В.Ф., Чуринов М.А., Горбунов А.П., Северский Э.В. Виноградов Ю.Б.Шеко А.И., Гостева В.П., Ерохина С.А., Степанова Б. С., Церетели Э.Д., Черноморец С.С., Шатравина В.И., Стависского Я.С., Мавлонова А.А., Ибрагимова А.С., Валиева Ш.Ф., Медеу А.Р., Колотилин Н.Ф., Керемкулов В.А., Дуйсенов Е., Яфязова Р.К., Степанова Т.С.,Вардугин В.Н., Малахов В.Д.,Благовещенский В.П., Байнатова Ж.Б., Белогривцева Р.И., Загинаева В.В., Гавришина Л.Н. жана башка көптөгөн окумуштуулар.

Биринчи глава Кыргыз Республикасынын эң сел коркунучтуу участкаларын көрсөтүү менен изилдөө районунун сыпаттамасына арналган, анда сел жана толкун процесстеринин изилденүүсүнүн аналитикалык көз караш келтирилген. Түндүк Тянь-Шан өтө татаал тоолуу рельефке ээ, тоо кыркаларынын беттери динамикалуу. 1-сүрөттө Түндүк Тянь-Шан чегиндеги изилдөө району белгиленген. Терскей жана Күнгөй-Алатоо (деңиз деңгээлинен орточо бийиктиги 4200 м) бийик кыркаларынын

жанында ички тоолуу ойдулар, өрөөндөр, тоо этегиндеги ийкемдүү тегиздиктер жана рельефтин башка формалары кездешет.



1-сүрөт - Кыргыз Республикасынын аймагындагы сел коркунучтуу участкалардын жайылуу карта-схемасы

Бул глава алкагында Түндүк жана Ички Тянь-Шан аймагында, Кыргыз Республикасынын эң сел коркунучтуу райондору катары селобразование жана толкундардын пайда болуу процесстери жөнүндө изилденүүлүк деңгээлинин талдоосу жүргүзүлдү.

Кыргызстандын аймагы боюнча сел агымдарынын кеңири жайылышынын жалпы фонунда алардын кээ бир өзгөчөлүктөрү байкалат.

Жамгыр түрүндөгү селдер предгорье жана тоолуу зоналарда 3200-3300 м бийиктикке чейин калыптанат. Бул деңгээлден жогору жамгырдын интенсивдүүлүгү күрт азайат, алардын суулуулугу сел калыптандыруучу агымдарды жаратуу үчүн жетишпейт. Жогорку тоолуу беттердин абалы да селкалыптанууга көмөктөшпөйт, алар жыйынды ири үзүндүлүү материал менен жабылган, бул жамгыр сууларынын бет агымына тоскоолдук кылат, жана муз үзүндүлүү материалдын түшүшүнө тоскоолдук кылат. Селкалыптануу тарыхында интенсивдүү жамгыр Голубина муздугуна (Ала-Арча басс., бийиктиги 3400м) 1962-жылдын 7-августунда түшүп, сел калыптандыруучу агымды келтирип чыгарган учур белгилүү (Сумаркова, 1965). Бирок бул учурда жамгыр муздуктун эрүүсүн активдештирүүгө гана көмөктөшкөн, бул муздуктан чоң көлөмдөгү эриген сууларды агызууга алып келген.

Ачылыш түрүндөгү селдер (Керемкулов, 1985) көбүнчө 3500 м жогору бийиктиктеги глациалдык зонада пайда болот. Алар 2000-3000 м бийиктик интервалында орто тоолуу зонада завалдык көлдөрдүн ачылышы учурунда сейрек көрүнөт. Өздөрүнүн аракети менен ачылыш сел агымдары тоолуу өрөөндүн ылдыйкы жеке жатаган бөлүгүн, анын ичинде тегиздикти да камтыйт.

Ылай-таш сел агымдары протерозой, палеозой жана мезозойдун жарылуучу, күчтүү бузулган таш тектери менен курулган тоолуу аймакта, ошондой эле плиоцен-төмөнкү плейстоцендин жана плейстоцен-голоцендин ири үзүндүлүү, алсыз цементтешкен чөгүндүлөрү менен толтурулган тоолуу аймак участкаларында пайда болот. Жогоруда аталган куракттын тоо тектери өздөрүнүн курамында суу агымын үзүндүлүү материал менен канткантуу жана аны сел агымына өзгөртүү үчүн зарыл болгон жетиштүү көлөмдөгү чоп, чаң жана ири үзүндүлүү бөлүкчөлөргө ээ.

Ылай-таш сел агымдары мезозой жана палеоген-неогендик жарым таш тектердин өнүгүү тоолуу аймактарында пайда болбойт, анткени алардын курамында суу агымын сел агымына өзгөртүү үчүн жетиштүү көлөмдөгү чаңдуу жана кумдуу бөлүкчөлөр жок.

Наносуулуу сел агымдары лессчиги сымал балчык чакмагы менен жабылган тоо беттеринде пайда болот. Чакмактын калыңдыгы 1 метрден бир нече метрге чейин түзөт. Адатта бул түрдөгү сел агымдары предгорье жана төмөнкү тоолуу, сейрек учурда орто тоолуу зоналарда 1000ден 2000м чейинки бийиктикте калыптанат.

Кыргызстандын түштүк областтарында сел процесстеринин активдүүлүгү түндүк областтардагы жана ички Тянь-Шандагы (Нарын области) активдүүлүктөн олуттуу жогору. Ошондуктан түштүк областтарда сел агымдары жана толкундардын аракетинен келип чыккан өзгөчө кырдаалдардын саны түндүккү областтардагыдан 6-8 эсе көп.

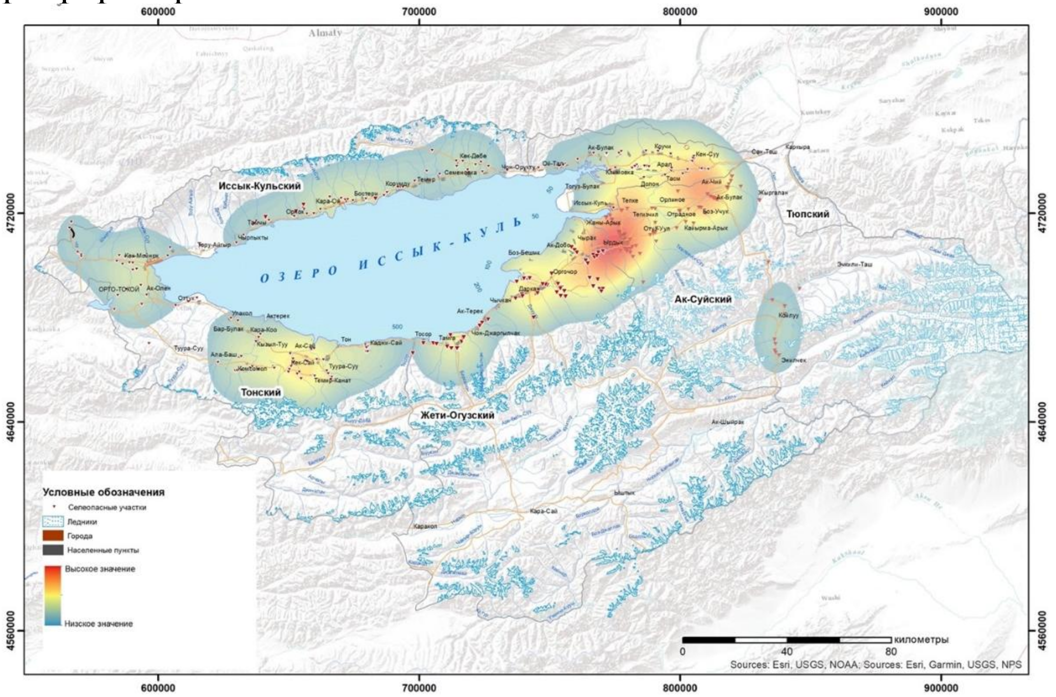
Бул изилдөө бул табигый кубулуштардын пайда болушуна көмөктөшкөн мүнөздүү өзгөчөлүктөрдү жана шарттарды терең түшүнүүнү камсыз кылды. Глава боюнча жыйынтыктар төмөнкүнү күбөлөндүрөт:

- Глациалдык пайда болуштагы сел агымдары заманбап муздуктардын жана глациалдык чөгүндүлөрдүн кеңири катмарларынын болушу менен мүнөздөлгөн өрөөндөрдө калыптанат.
- 2500ден 3200 метрге чейинки бийиктиктердеги өрөөндөрдө перигляциалдык сел агымдары пайда болот, мында глациалдык чөгүндүлөрдү камтыган, селобразованиеге жөндөмдүү көп материал бар.
- Жамгыр сел агымдары 1000ден 2500 метрге чейинки бийиктик диапазонундагы өрөөндөрдө пайда болот, мында заманбап муздуктар да, селобразованиеге жөндөмдүү материалдардын чоң топтолуулары да жок, жана кичинекей сел чогуучу бассейндер аянты боюнча 5 км^{2}ден ашпайт.

Ошондой эле сел чогуучу бассейндерге жана алардын мүнөздөмөлөрүнө, мисалы өлчөмдөрү, сел борборлорунун жана өрөөндөгү

селкалыптандыруучу материалдын болушуна өзгөчө көңүл буруу керек. Бирок сел чогуучу бассейндерди кыйла деталдуу изилдөө кийинки главаларда келтирилет.

Сел коркунучтуу участкалардын жайылуусунун тыгыздыгы боюнча зоналарды бөлүп көрсөтүү менен жылуулук карталарын чагылдыруу негизинде аймакты карталаштыруу мамилеси (2-сүрөт) мониторинг жана болжолдоо системасынын маанилүү элементтеринин бири болуп саналат, анткени эң коркунучтуу участкаларды бөлүп көрсөтүүгө мүмкүнчүлүк берет жана ошентип сел жана толкун агымдары жөнүндө эрте эскертүү системаларын куруу үчүн эң артыкчылыктуу аймактарды тандоого мүмкүнчүлүк берет.



2-сүрөт - Кыргыз Республикасынын Ысык-Көл областынын аймагындагы сел коркунучтуу участкалардын жайылуу тыгыздыгынын карта-схемасы

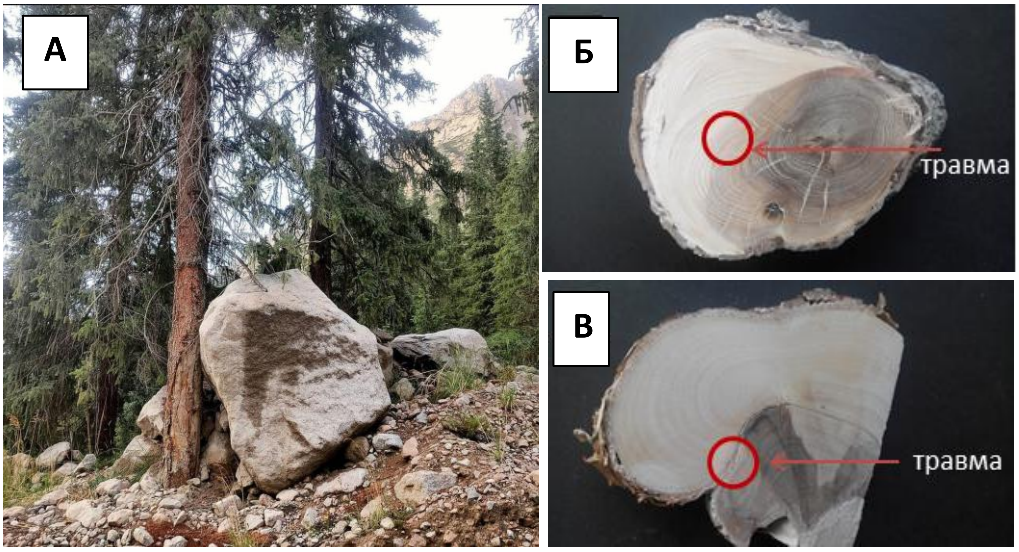
Экинчи главада изилдөө методикасы келтирилген, ал тоолуу өрөөндөрдүн селкоркунучтуулугун баалоо жана палеосел активдүүлүгүн реконструкциялоонун дендро-геоморфологиялык ыкмасынан турат.

Сел агымдарынын динамикасын изилдөө методикасы тоолуу өрөөндөрдүн селкоркунучтуулугун инженердик-геологиялык баалоо жана палеосел активдүүлүгүн реконструкциялоонун дендро-геоморфологиялык ыкмасынан турган.

Тоолуу өрөөндөрдүн сел коркунучун инженердик-геологиялык баалоо аймакты комплекстүү изилдөөнү камтыган: геологиялык түзүлүш (литология, стратиграфия), геоморфологиялык, гидрогеологиялык, климаттык шарттар, изилдөө районунун өзгөчөлүктөрүн аныктоо боюнча талаа иштери.

Моделдештирүү үчүн баштапкы берилиштерди орнотуу үчүн алыскы зондировкалоо берилиштерин, гляциологиялык жана гидрометеорологиялык маалыматтын, ошондой эле колдо бар фонддук инженердик-геологиялык маалыматтын талдоосу жүргүзүлдү. Тарыхый ачылыштарды талдоо моделдештирүү параметрлерин аныктоо үчүн конкреттүү мүнөздөмөлөрдү орнотууга жардам берди. Ар түрдүү мамилелерди колдонуу менен сел агымын моделдештирүүнү жүргүзүү үчүн баштапкы параметрлер тандалды: улуттук методика, HEC-RAS, RAMMS.

Дендро-геоморфологиялык ыкма Ала-Арча, Аламедин жана Барскаун дарыяларынын өрөөндөрүндөгү токой зонасындагы сел алып чыгуу конустарында колдонулду. Бул ыкманы колдонуу изилденип жаткан сел конусунда токойдун болушун талап кылат, анткени дарактар өздөрүнүн жаракат алуулары менен сел активдүүлүгүнүн индикаторлору болуп кызмат кылат. Талдоо үчүн мурунку агымдар тарабынан жаракат алган, өсүүсүнүн бузулуусунун ачык белгилери бар дарактар тандалып, алардан атайын бургулар менен кернер бургуланды. 3-сүрөттө тамырлардын жана ден ээрчитүүлөрүнүн кесилиштериндеги жаракаттардын мисалдары менен талдоо үчүн жаракат алган дарактын тандоосунун мисалы келтирилген.



3-сүрөт - А. Барскаун дарыясынын бассейниндеги (оң жаныбар салааттык) жаракат алган дарактын мисалы. Б. Жаракатты табуу үчүн тамыр кесилишинин мисалы. В. Betulla кесилишинин мисалы

Андан ары лабораториялык шартта микроскоп астында жаракаттарды датировкалоо үчүн жылдык шакектер изилденип, ель дарактарына мүнөздүү смола каналдарынын жаракаттары аныкталды.

Аэрофото жана космо-сүрөттөрдү дешифровкалоо кандай участкалар аныкталган жылдарда селдердин өтүшү учурунда сел конусунун катышуусу жөнүндө түшүнүк берди жана сел конусундагы мурунку окуялардын мейкиндик таралышын интерпретациялоого мүмкүнчүлүк

берди жана схемалык түрдө конустун кандай бөлүктөрү процесске тартылганын жана эң көп жабыркаганын көрсөттү. Дешифровкалоо натыйжалары боюнча сел валдары, сел каналдары белгиленди.

Морена-муздук комплекстердин жана муздуктардын деградация жана өнүгүүсүн талдоо морена-муздук комплекстер сел активдүүлүгүнө кандай таасир тийгизээрин баалоого мүмкүнчүлүк берди.

Үчүнчү глава Түндүк жана Ички Тянь-Шандын өрөөндөрүн деталдуу изилдөө менен Кыргыз Республикасынын тоо жана дарыя өрөөндөрүнүн сел агымдарынын калыптануу закономерностерин изилдөөгө арналган.

Ысык-Көл областынын Тюп районунда массалык сел агымдарынын түшүшүнө көп жана жыш атмосферик жаан-чачындар алдын ала себеп болгон, бул радарлуу спутниктик берилиштер менен ырасталат. Агымдардын түшкөн күнүндө жаан-чачындар берилиштеринде айкын чокулар байкалган эмес, бул тектер мурдатан эле бошотулуп жана нымдандырылгандыгын көрсөтөт, бул алардын сел агымдарына тартылышына көмөктөшкөн. Бул эрте эскертүү системалары үчүн жаан-чачындардын босого маанилерин иштеп чыгууда өтө маанилүү. Ачыгында жаан-чачындардын аномалдуу санын гана белгилөө сапаттуу эскертүүнүн кепилдиги эмес, ар түрдүү факторлорду эске алуу зарыл, мисалы топуракты нымдуулук, ошондой эле изилдөө аймагынын литологиялык жана геоморфологиялык өзгөчөлүктөрү.

Изилдөө көрсөткөндөй, бул райондогу сел агымдары көбүнчө 1 км^{2}ге чейинки аянттагы кичинекей селчогуучу жерлерде болот. Ошол эле учурда кичинекей селчогуучу жерлер да чоң агым көлөмдөрү бар агымдардын булагы болушу мүмкүн, бул жергиликтүү калк жана инфраструктура үчүн олуттуу коркунуч көрсөтөт. Бул агымдардын калыптанышына көмөктөшкөн маанилүү факторлор аймактын геоморфологиялык шарттары да, аймак үстүндөгү жамгыр фронттарынын активдүүлүгү менен байланышкан гидрометеорологиялык шарттар да болуп саналат.

Толук метеорологиялык маалыматтын жоктугу кандай интенсивдүүлүктөгү жаан-чачын учурунда топурактын бузулушу жана суу агымдарынын сел агымдарына трансформациясы башталаарын баалоону кыйындатат. Кыска мөөнөттө жамгыр жаан-чачындары чоң көлөмдөгү ылай-таш массасын алып чыгышы мүмкүн, бул алып чыгуу конустарындагы табылгалар менен ырасталат.

Метеорологиялык берилиштердин бир жигидүүлүктү эместиги жана сел агымдарынын күндөрүндө жаан-чачындардын ачык чокуларынын жоктугу башка факторлордун, мисалы тектердин литологиялык курамы жана рельефтин өзгөчөлүктөрүнүн ролун баса белгилейт. Суу менен канткан топуракка жаан-чачын түшкөндө эрозиялык процесстер ылдамдайт, бул сел активдүүлүгүнүн өсүшүнө алып келет. Ошентип, жаан-чачын эки жактан таасир этет: алар топурак менен үзүндүлөрдү сел

агымдарына тартууга даярдайт, ошондой эле убактылуу арналардын овраг калыптануусун жана эрозиясын күчөтөт.

Мурда кичинекей селчогуучу жерлерде олуттуу сел агымдарынын болбогондугу алып чыгуу конустарынын курулушуна алып келди. Архивдик аэрофото сүрөттөрдүн талдоосу сайлардын оозунда турак жай курууну 1960-жылдардан башталганын, 2000-жылдардан башталып активдүү өсүү менен көрсөтөт. Бул олуттуу зыяндын себептеринин бири болуп калды, ошондой эле жайыттардын деградациясы жана чөп жабындысынын жок болушу менен оордоштуруу, бул тектердин желдирилишин көбөйттү. Учурдагы сугат тармагы жетишсиз болгон, ал эми учурдагы селга каршы курулуштар реабилитацияга муктаж болгон.

Климаттын өзгөрүүсү жана күчтүү жаан-чачындардын жыштыгынын көбөйүүсү жарыгында, өзгөчө кичинекей селчогуучу жерлерде сел агымдарынын тобокелдигин баалоонун учурдагы ыкмаларын кайра карап чыгуу жана жаңылоонун зарылдыгы актуалдуу болуп калат. Бул болжолдоо моделдерине жаңы параметрлерди жана көрсөткүчтөрдү интеграциялоону талап кылат, бул табигый кырсыктарды кыйла так болжолдоого мүмкүнчүлүк берет.

Талданган морена-муздук көлдөрдүн ачылышы учурунда жалпы тенденция табылат: жер астындагы дренаждык каналдардын тосулушу, бул көлдөгү суунун көлөмүнүн акырындык көбөйүшүнө алып келет. Бул процесс Такыртор көлү менен болгондой бир нече жума же айдан, Тезтор көлдөрү сыяктуу бир нече он жылга чейин созулушу мүмкүн, суу көлөмү критикалык белгиге жеткенге чейин, бул ачылышка алып келет.

Бул жердеги негизги фактор агым каналдарынын туруксуздугу болуп саналат, бул алардын кайрадан тосулуу мүмкүнчүлүгүн күчөтөт. Бул өз кезегинде көлдө жаңы суу топтолушуна жана анын кайрадан ачылышына алып келет. Бул циклдүүлүк морена-муздук көлдөрдө болуп жаткан процесстерди тереңирээк түшүнүүнүн жана потенциалдуу ачылыштардын кесепеттерин алдын алуу же азайтуу стратегияларын иштеп чыгуунун зарылдыгын баса белгилейт. Жер астындагы каналдардын абалын жана көлдөрдөгү суу деңгээлин мониторинглөөгө, ошондой эле курчап турган элди мекендерди жана инфраструктураны коргоо үчүн бул табигый системалардын динамикасындагы өзгөрүүлөргө өз убагында жооп берүү ыкмаларын иштеп чыгууга өзгөчө көңүл буруу керек.

Акпай көлүнүн мисалы мүмкүн болгон ачылыштардын коркунучтарын мониторинглөө үчүн өз убагында маалымат алуунун канчалык маанилүү экендигин далилдейт.

Барскаун ашуусунда август айынын башында бир нече муздуктарда ички муздук сыйымдуулуктардын ачылуусунун көбөйгөн тобокелдиги байкалат, бул автожолдун 41,9 жана 42 километрлеринин ортосундагы участок үчүн потенциалдуу коркунуч жаратат. Бул кырдаал өзгөчө көңүл бурууну жана сак болуу чараларын талап кылат.

Автожолдун 19 жана 27 километрлеринин ортосунда жайгашкан селчогуучу райондорго да сел агымдарынын калыптануусуна даярдыкты көрсөткөн белгилер байкалды. Бул жерде эриген жана жамгыр сууларынын бош үзүндүлүү материалга түшүшү анын суу менен канттыгын күчөтөт жана сел агымдарынын тобокелдигин жогорулатат.

Дунгуромо өрөөнүнө карата аномалдуу күчтүү жамгыр жаанынын шартында август айынын биринчи жарымында сел агымынын же күчтүү толкундун калыптануу мүмкүнчүлүгү четке кагылбайт. Дунгуромо дарыясында табигый тосмо себептүү агымдын тосулушу салтынан коркунучтуу суу топтолушу болуп жатышы мүмкүн деген мурунку коркуулар акыркы текшерүүлөр менен чачыратылды. Алар күчтүү агымдардын калыптануусу үчүн олуттуу стимул, мисалы көп жаан-чачын же эриген сууларынын топтолушу жана ачылышы керектигин көрсөттү.

Төртүнчү главада диссертацияда Түндүк-Тянь-Шандын эң сел коркунучтуу өрөөндөрүнүн бири - Ала-Арча дарыясынын өрөөнү үчүн сел агымдарын моделдештирүү маселелери каралган. Заманбап технологиялар жана мамилелерди колдонуу менен зыян келтирүү зонасын эсептөөнүн учурдагы методикасына киргизүү үчүн зарыл болгон бир катар модернизациялар сунушталган.

Ала-Арча өрөөнүндөгү толкун агымдарынын расходу 30дан 70 куб метр секундага чейин кеңири чектерде өзгөрүшү мүмкүн. Алардын көрүнүү мүмкүнчүлүгүнүн мезгили апрелде башталып, сентябрда аяктайт. Толкундардын өтүүсүнүн мүмкүнчүлүгү майдын экинчи жарымында жана июлдун экинчи жарымында эң жогору.

Калыптануу, өнүгүү жана көрүнүү шарттары боюнча, ошондой эле коркунуч деңгээли боюнча Ала-Арча дарыясынын өрөөнүндөгү сел агымдары үч түргө бөлүнөт.

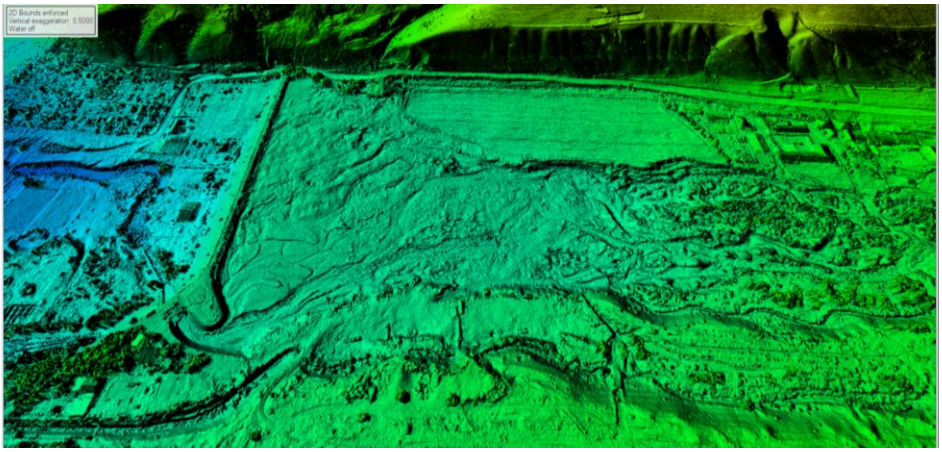
Бир нече жүз куб метр секундалык расходу бар биринчи түрдөгү сел агымдары заманбап муздануу сакталган, күчтүү глациалдык чөгүндүлөр топтолгон өрөөндөрдө калыптанат. Мындай күчтүү сел агымдарынын себеби тоо көлдөрүнүн же ички муздук сыйымдуулуктардын ачылышы болуп саналат. Ошол эле учурда ачылуу агымынын расходу критикалыкты ашат. Мындай селобразующие шарттар Аксай жана Адыгене өрөөндөрүндө калыптанат. Аларга Кашка-Суу жана Топ-Карагай өрөөндөрү жакын келет. Бул өрөөндөрдөн болгон сел агымдарынын коркунучу сел материалы Ала-Арча дарыясынын арнасын убактылуу тосмо менен тосуп коюшу мүмкүн экендиги менен оордолот. Анын андан аркы ачылышы Ала-Арча өрөөнү боюнча күчтүү катастрофалык толкундун калыптанышына алып келет.

Бир нече он куб метр секундалык расходу бар экинчи түрдөгү сел агымдары 1-пунктта тизмеленген өрөөндөрдө тоо көлдөрү жана ички муздук сыйымдуулуктардын ачылышы учурунда калыптанат. Бирок бул учурда ачылуу агымынын расходу критикалыкты ашпайт. Мындан тышкары, мындай расходу бар сел агымдары олуттуу көлөмдөгү СФО,

анын ичинде глациалдык чөгүндүлөр топтолгон кичинекей (суу чогуучу аянты 1-5 км² болгон) өрөөндөрдө пайда болушу мүмкүн. Бул өрөөндөрдө заманбап муздануу аз жана кичинекей беттик муздуктар же көмүлгөн муз түрүндө гана көрүнөт. Сел процесси суу агымынын пайда болушу менен башталат. Бул активдүү кар эрүү процессине жамгыр мүнөздөгү жаан кошулганда болот. Адатта бул май-июль айларында болот. Натыйжада 5-10 м³/с расходу бар кыйла күчтүү суу агымы калыптанат, ал өрөөн боюнча төмөн кыймылдаганда өрөөндүн түбүндөгү бардык кар-көчкү завалдарын тешип өтөт, СФО менен байыйт жана сел агымына трансформациялайт. Башкы өрөөнгө чыкканда сел агымы Ала-Арча дарыясынын арнасын убактылуу тосмо менен тосуп коюшу мүмкүн, анын ачылышы катастрофалык кесепеттер менен коркунучтуу. Мындай өрөөндөрдүн мисалы Шаркаратма, Теке-Тор өрөөндөрү болуп саналат.

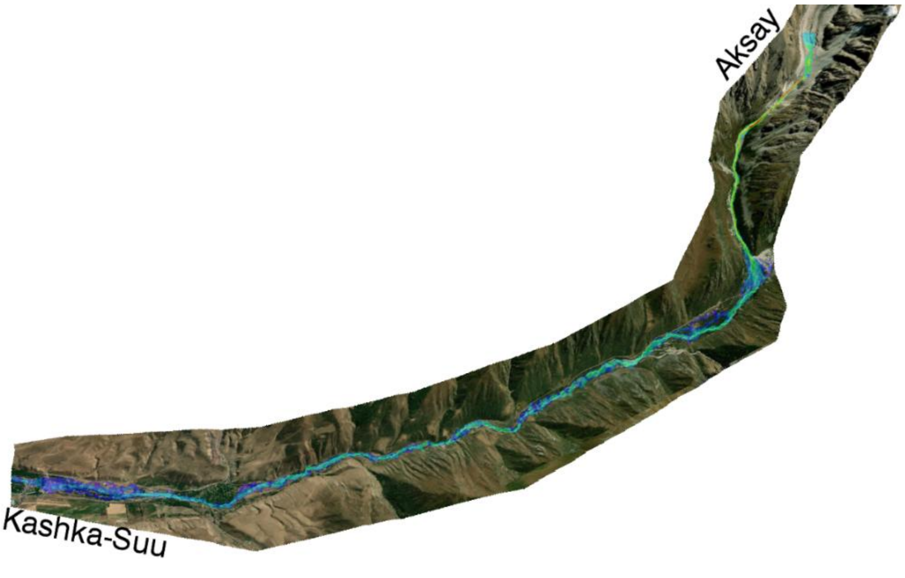
Бир нече куб метр секундалык расходу бар үчүнчү түрдөгү сел агымдары заманбап муздануу жана олуттуу СФО топтолуулары жок өрөөндөрдө калыптанат. Бул жердеги сел агымдарынын себеби Гидрометкызматтын берилиштери боюнча суткада 30-80 мм тартибиндеги интенсивдүүлүктөгү узак мөөнөттүү жамгыр жаандары болуп саналат, мындай селкалыптануу шарттары Бойрок, Кадырберды, Кунтыбес, Карагайбулак, Муратсай өрөөндөрүндө калыптанат. Бул өрөөндөрдөн болгон сел агымдары Ала-Арча дарыясынын арнасын тосуу үчүн жетиштүү күчкө ээ эмес жана ошондуктан биринчи жана экинчи түрдөгү сел агымдарындай коркунучтуу эмес.

Ала-Арча дарыясынын жогорку жагында калыптанган каалаган сел агымы Кашка-Суу селосунда жайгашкан резервуарга жеткенде түз ага агызылат жана үзүндүлөрдүн негизги бөлүгү суу бөлүштүргүчтүн түбүнө (4-сүрөт) чөгөт, анын чектелүү сыйымдуулугун эске алганда, суу бөлүштүргүчтүн кум төшөмө дамбасы чыдабашы мүмкүн жана бүт көлөм ашып кетип, төмөн тешип кетиши мүмкүн. Pix4D программасында жасалган эсептөөлөр боюнча максималдуу сыйымдуулук көлөмү 25×10^3 м³ түзгөн.



4-сүрөт - Суу бөлүштүргүч, Кашка-Суу с.

Тоолуу жана предгорье зоналарында коркунучтуу агымдардан коргонуунун эң рационалдуу жана экономикалуу жолу коопсуз участкаларды тандоо болуп саналат. Мындай участкалар сел жана толкун зыян келтирүү зоналарынын сыртында жайгашат. Бирок бул зоналардагы коопсуз участкалардын аянты чоң эмес, ошондуктан коркунучтуу агымдардын аракет зонасында жайгашкан участкаларды турак жай жана чарба курулуштары үчүн колдонуу зарылдыгы пайда болот. Бул учурларда алардан коргонууну көздөө зарыл: 1) сел агымдарынан күчтүү селдерди кармап турган плотиналар жана сел багыттагыч дамбалар менен селсактагычтарды куруу аркылуу; 2) наносуулуу агымдар жана толкундардан суу ташуучу жана суу багыттагыч каналдарды, ошондой эле суу сактагычтарды куруу аркылуу. Ошентип Ала-Арча дарыясы боюнча толкундарды өткөрүү үчүн анын арнасынын өткөрүү жөндөмүн жээктерди бекемдөө жана валдоо аркылуу 50-70 м³/сек чейин жеткирүү зарыл, болбосо Ала-Арча дарыясы боюнча 11 жээкке жакын участок суу баскан. Бишкек шаарына чейин (5-сүрөт) ачылуу агымынын калыптануу учурунда тыгыздыгы 1,1 г/см³ке чейин жеткен толкун келет, мындай наносуулуу агым жээкке жакын инфраструктурага жана көпүрөлөргө зыян келтириши мүмкүн. Бишкекке жакын жайгашкан көптөгөн сёлдөр үчүн көпүрөлөр критикалык инфраструктура объектиси экендигин эске алганда, биринчи кезекте көпүрөлөрдү бекемдөө жана алардын өткөрүү жөндөмүн көбөйтүү үчүн алардын астында тазалоо иштерин жүргүзүү зарыл.



5-сүрөт - RAMMS программасында Аксай көлүнүн ачылышындагы зыян келтирген зонаны моделдештирүүнүн мисалы

Жүргүзүлгөн бардык иш-чаралардын жыйынтыгы боюнча негизги натыйжалардын бири калкты жана аймактарды сел жана толкун агымдарынын таасиринен коргоо менен байланышкан структуралык иш-

чараларды ишке ашыруу боюнча ырааттуу адаптациялык жана митигациялык аракеттердин «жол картасын» иштеп чыгуу болуп саналат. Сел агымдарынын терс таасирин азайтуу боюнча мындай чараларды аткаруу Кыргыз Республикасынын тоолуу шартында коргоо чараларын колдонуу тажрыйбасын, методологияларын жана мамилелерин өркүндөтүүгө жардам берет, ошондой эле туруктуулукту жаратат жана катышкан мекемелердин потенциалын жогорулатат.

Бешинчи глава Түндүк Тянь-Шандын сел агымдарынын палеоактивдүүлүгүнө жана сел агымдарын палеосел реконструкциялоонун дендрохронологиялык ыкмасына арналган. Бул главада Кыргыз кыркасынын борбордук бөлүгүнүн өрөөндөрүнүн мисалында морена калыптануу менен сел активдүүлүгүнүн өз ара байланышы маселелери толук ачылган.

Дендрохронологиялык ыкманын жардамы менен Ала-Арча (54) жана Аламедин (24) дарыяларынын өрөөндөрү боюнча сел агымдарынын өтүшү менен байланышкан 78 тарыхый окуя калыбына келтирилди. Алардан: Аксай өрөөнү боюнча 28; Кутургансуу өрөөнү боюнча 18; Адыгене өрөөнү боюнча 9 агым жана Текетор дарычасынын өрөөнү боюнча 11 агым; Салык жана Топкарагай өрөөндөрү боюнча 6.

Өрөөндөрдүн сел активдүүлүгүн баалоо үчүн атайын параметр - сел жылдык активдүүлүк коэффициенти киргизилди, ал белгилүү бир мезгил ичинде бир жылга орточо канча сел агымы туура келээрин көрсөтөт.

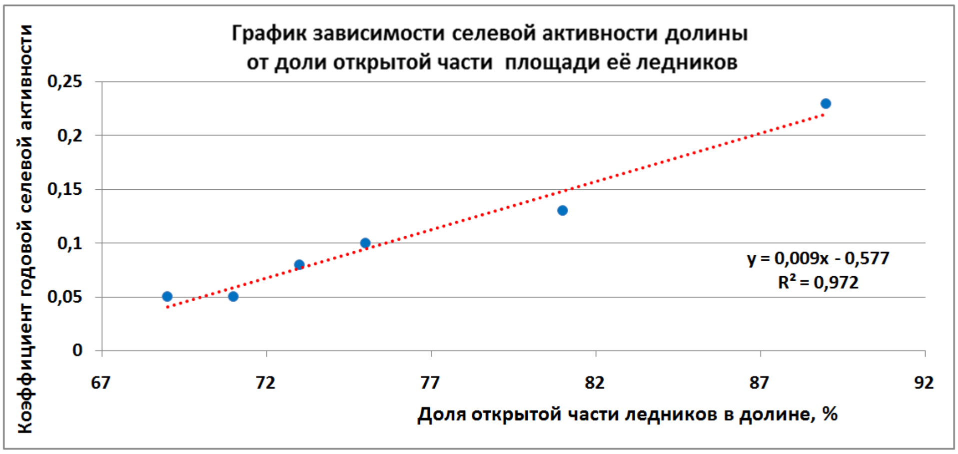
Көпчүлүк учурларда (50дөн 89%га чейин) сел агымдарынын көрүнүштөрү глациалдык болгон. Агымдар жамгырлуу болгон учурлар 11-50% гана. Глациалдык түрдөгү селдердин басымдуулугу өрөөндөрдүн сел активдүүлүгүнүн өзгөрүшүн алардын мууздануусу менен байланыштыруунун себеби болду.

Климаттын өзгөрүүсүнүн шартында акыркы он жылдыктарда муздуктардын деградациясы байкалгандыктан, сел агымдарынын аракет активдүүлүгүндөгү өзгөрүүлөр бул деградациянын мүнөзүнөн олуттуу дәрежеде көз каранды деп божомолдоо табигый. Бул божомолду далилдөө үчүн мууздануунун деградация деңгээлинен сел активдүүлүгүнүн көз карандылыгына баалоо жүргүзүлдү, анын деңгээли жылдык сел активдүүлүк коэффициенти менен аныкталды, ал эми анын өлчөмү өрөөндөгү муздуктардын морена менен жабылган бөлүгүнүн аянтынын өрөөндүн акыркы мууздануусунун максималдуу аянтына катышы менен аныкталат.

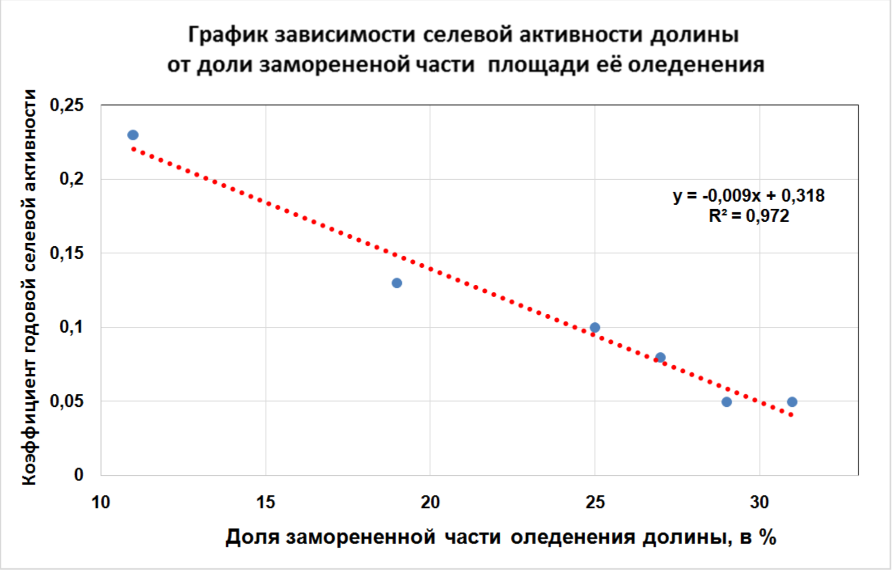
Ар бир өрөөндүн жылдык сел активдүүлүк коэффициентин аныктоо үчүн анын оозгу бөлүгүндөгү дарак өсүмдүгүнүн дендрохронологиялык талдоосунун берилиштери колдонулду. Муздуктардын ачык жана морена менен жабылган бөлүктөрүнүн заманбап катышы QGIS программасында 2015-2020-жылдардын космо сүрөттөрүн дешифровкалоо жолу менен аныкталды.

Өрөөндүн сел активдүүлүгүнүн анын музданую аянтынын морена менен жабылган жана ачык бөлүктөрүнүн үлүшүнөн көз карандылык графиктерин түзгөндөн кийин, өрөөндүн сел активдүүлүгү муздуктардын ачык бөлүгүнүн үлүшү 64%тан ашса өсөөрү жана муздуктардын морена менен жабылган бөлүгүнүн үлүшү 35%тан ашса төмөндөөрү аныкталды.

Алынган берилиштер боюнча түзүлгөн графиктерде өрөөндүн жылдык сел активдүүлүк коэффициентинин анын музданую аянтынын ачык (6-сүрөт) жана жабык (7-сүрөт) бөлүктөрүнүн үлүшүнөн ачык көз карандылыгы көрүнөт. Бул графиктердин берилиштерин талдоодон өрөөндүн муздуктарынын ачык бөлүгү канчалык чоң болсо, анын сел активдүүлүгү ошончолук жогору экендиги келип чыгат. Тескерисинче, өрөөндөгү муздуктар канчалык алыска деградацияланса, алардын аянтынын морена менен жабылган бөлүгү канчалык көбөйсө, өрөөндүн сел активдүүлүгүнүн деңгээли ошончолук төмөн болот.



6-сүрөт - Өрөөндүн сел активдүүлүгүнүн анын муздуктарынын ачык бөлүгүнүн үлүшүнөн көз карандылык графиги



7-сүрөт - Өрөөндүн сел активдүүлүгүнүн анын музданууcунун морена менен жабылган бөлүгүнүн үлүшүнөн көз карандылык графиги

6 жана 7-сүрөттөрдүн графиктерин мүнөздөгөн теңдемелерди талдоодон, мында у - бул өрөөндүн жылдык сел активдүүлүк коэффициенти; x_1- бул өрөөндөгү муздуктардын ачык бөлүгүнүн үлүшү, %да; x_2 – өрөөндүн муздануусунун морена менен жабылган бөлүгүнүн үлүшү, %да:

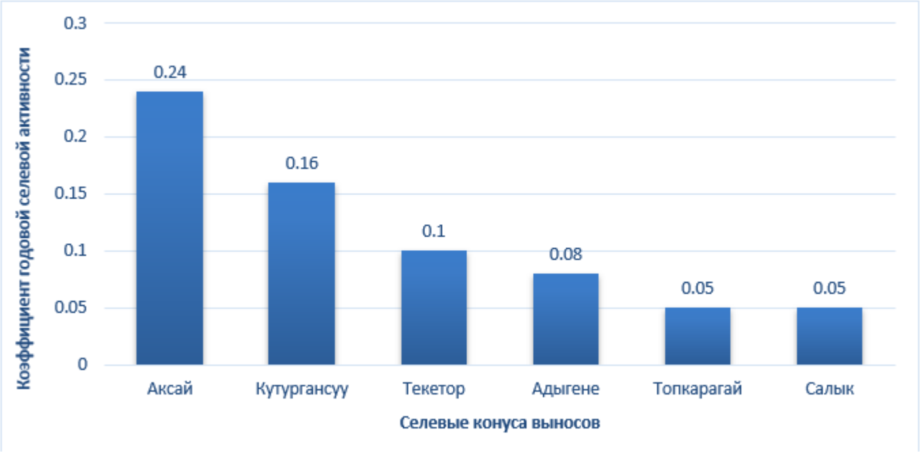
$$y = 0{,}009x_1 - 0{,}577 \quad (1)$$

$$y = 0{,}318 - 0{,}009x_2 \quad (2)$$

Өрөөндүн сел активдүүлүгүн баалоо үчүн өтө маанилүү болгон, сел активдүүлүгүнүн өсүүсүнөн анын төмөндөөсүнө өтүүнү аныктаган критерий аныкталат. Мындай өтүү XX жана XXI кылымдардагы сел жылдык активдүүлүк коэффициентинин. (1) теңдемесинен сел жылдык активдүүлүк коэффициенти –у нөлдүк маанини ашып, өсө баштайт, эгерде муздуктардын ачык бөлүгүнүн үлүшү –x_1 64%тан ашса. Эгерде x_1 мааниси 64%тан аз болуп, ал эми өрөөндөгү муздуктардын морена менен жабылган бөлүгүнүн үлүшү x_2 35% маанисин ашып көбөйсө, анда сел жылдык активдүүлүк коэффициенти төмөндөйт. Демек, өрөөндүн сел активдүүлүгү муздуктардын ачык бөлүгүнүн үлүшү 64%тан ашса өсөт жана муздуктардын морена менен жабылган бөлүгүнүн үлүшү 35%тан ашса төмөндөйт. 64% жана 35% - бул бир критерийдин эки жагы, өрөөндүн музданоусунун ачык жана морена менен жабылган бөлүктөрүнүн катышы, ал сел активдүүлүгүнүн өсүүсүнөн анын төмөндөөсүнө өтүүнү жана тескерисин шартташтырат. Бул критерийдин мааниси муздуктун морена менен жабылышы менен шартталат, ошондуктан аны морена менен жабылуу критерийи деп атоо логикалуу.

Муздуктардын морена менен жабылуу критерийи акыркы 40 жылда сел процесстердин активдүүлүгүнүн күрт төмөндөшүнүн себебин түшүндүрөт. XX кылымдын 60-жылдарына чейин муздуктардын морена менен жабылышы чектик критерий болгон 35%га жакындаган, бирок андан жогору болуп калган. Ошондуктан сел жылдык активдүүлүк коэффициенти өсүп жатты. Анын күрт төмөндөшү муздуктардын деградация процессинде алардын морена менен жабылышы чектик критерийдин маанисин - 35%ты жогорулатканданкийин башталды.

Сүрөттө келтирилген берилиштер жыйынтыктык болуп саналат жана өрөөндөр боюнча активдүүлүк баасын көрсөтөт. Бул таралуу сел агымдарынын жыштыгы менен көлөмүн гана эмес, курчап турган аймактар үчүн алардын потенциалдуу коркунучун да эске алат.



8-сүрөт - Изилденген өрөөндөрдөгү сел активдүүлүк коэффициенти

Табылган критерийлер жана босого мааниси өткөндөгү сел активдүүлүгүнө объективдүү баа берүүгө жана келечекке болжол түзүүгө мүмкүнчүлүк берет.

Жүргүзүлгөн изилдөөнүн негизинде муздануу менен сел активдүүлүгүнүн ортосунда түз көз карандылык бар экендиги келип чыгат. Ошентип, муздуктун ачык бөлүгүнүн муздануу пайызы канчалык жогору болсо, сел активдүүлүгү ошончолук жогору болот.

В **шестой главе** раскрыта тема построения системы защиты от селевых и паводковых потоков. В данной главе приведены рекомендации для снижения риска прохождения селевых потоков по городу Бишкек.

Проведенное исследование с учетом современных методов и подходов в вопросах снижения риска бедствий с учетом моделирования позволили выработать рекомендации которые можно условно подразделить на следующие этапы:

- Изменение основных институциональных подходов в УСРБ;
- Разработка инженерных решений для снижения рисков селе-паводковой опасности вдоль русла реки Ала-Арча;
- Выработка практических рекомендаций для заинтересованных сторон и администрации города Бишкек и населения.

Таким образом основные рекомендации приведенные в данной главе можно разделить на институциональные и практические, основанные на результатах проведенного моделирования.

К *институциональным* рекомендациям можно отнести следующие:

- Необходимость внедрения современных методов площадного моделирования селевой опасности на основе существующего программного обеспечения в деятельность государственных органов ответственных за мониторинг и прогнозирование селевой и паводковой угрозы. В результате проведенного исследования как наиболее подходящие

программы были выделены: RAMMS для моделирования прорывных потоков (GLOF) и HEC-RAS для моделирования паводков;

- Разработка на основе существующей методики СП КР 22-102:2001 программного продукта для определения границ зоны селе-паводкого поражения применительно к условиям Кыргызской Республики;
- Для улучшения временного прогноза и разработки пороговых значений для селевых потоков ливневого генезиса, необходима разработка программного продукта с использованием методов машинного обучения и анализа больших данных (big data) для государственных структур: МЧС КР, Министерство природных ресурсов экологии и технического надзора, Министерство сельского хозяйства, институты Национальной академии наук, а также других участников ЕСКМП ЧС;
- Необходимо провести оценку технического потенциала государственных органов ответственных за мониторинг и прогнозирование селевой опасности. По результатам оценки необходимо разработать план мероприятий направленный на наращивание потенциала и освоение новых методологий и подходов в области мониторинга и прогнозирования селей;
- Проведение серии специализированных треннингов для органов местного самоуправления, государственных органов и населения по выработке планов реагирования на селепаводковую угрозу;
- Картирование селевой опасности с учетом уязвимости с определением митигационных мероприятий на долгосрочную перспективу, с учетом будущей урбанизации и вовлечением новых агломераций в город Бишкек;
- Усиление надзорных мероприятий за строительством объектов в потенциально опасных зонах, в непосредственной близости к руслу реки Ала-Арча;
- Усовершенствование системы ЕСКМП ЧС, как основной в области мониторинга и прогнозирования ОПП;
- Усовершенствование системы раннего оповещения о селепаводковой угрозе.

Практические мероприятия заключаются в выработке конкретных защитных мероприятий на опасных участках выделенных на основе проведенного исследования

Самым рациональным и экономичным способом защиты от опасных потоков в горной и предгорной зонах является выбор безопасных участков. Такие участки находятся за пределами зон селевого и паводкового поражения. Однако площадь безопасных участков в этих зонах невелика, поэтому возникает необходимость использовать для жилья и хозпостроек участки, расположенные в зоне действия опасных потоков. В этих случаях необходимо предусмотреть защиту от них: 1) от селевых потоков путем строительства селехранилищ с мощными селеудерживающими плотинами

и селенаправляющих дамб; 2) от наносоводных потоков и паводков путем строительства водосбросных, и водонаправляющих каналов, а также водохранилищ. Так для пропуска паводков по реке Ала-Арча необходимо довести пропускную способность её русла до 70 $м^3$/сек в верхней части, 50 $м^3$/сек в верхней и средней частях города Бишкек (исходя из максимального зарегистрированного потока в 1953 г.) и 30 $м^3$/сек в нижней части города Бишкек с учетом потерь потока, путем обвалования и укрепления берегов, иначе будут затоплены более 11 прибрежных участков по реке Ала-Арча.

По итогам всех выполненных мероприятий одним из главных результатов является разработанная «дорожная карта» последовательных адаптационных и митигационных действий по реализации структурных мероприятий, связанных с защитой населения и территорий от воздействия селевых и паводковых потоков (Приложение 2). Исполнение таких мер по снижению негативного воздействия селевых потоков окажет содействие в совершенствовании подходов, методологий и опыта, применения защитных мер в горных условиях Кыргызской Республики, а также создаст устойчивость и повысит потенциал вовлеченных ведомств.

В целях принятия превентивных митигационных мер необходима реализация комплекса мер включая институциональный подход и выполнения ряда практических инженерных мероприятий. Только комплексное решение проблемы по реабилитации русла реки Ала-Арча поможет для решения ряда проблем связанных с расширением города Бишкек, освоением при русловых территорий, а также позволит провести защитные мероприятия для расположенных вблизи русла объектов инфраструктуры города.

На примере долины р. Ала-Арча предлагается новый комплексный подход к определению границ зоны поражения селевым потоком с использованием различных подходов.

Установлено, что для оценки селеопасности необходимыми оценочными критериями являются:

- ✓ наличие селевых очагов;
- ✓ площади селесборов;
- ✓ высокогорные прорывоопасные озера;
- ✓ наличие морено-ледниковых комплексов;
- ✓ наличие селеформирующего (рыхлообломочного) материала;
- ✓ исторический критерий (отражающий повторяемость событий);
- ✓ влияние экзогенных геологических процессов.

• Предлагается усовершенствованная методика расчета зоны поражения селевыми потоками.

• Полученная информация обеспечивает возможность оценки селеопасности горных долин и организовать селезащитную систему от угрозы действия селевых процессов на жилые поселки и сельхозугодья в горных долинах.

Например, для защиты Ортоалышского водозабора рекомендуется обустройство перед водохранилищем селенакопителя, На Рис.9 видно, что данная зона по результатам моделирования будет затоплена ввиду ограниченной пропускной способности русла под мостом (сечение 25 м^2). Участок под мостом необходимо очистить от наносов.

9-сүрөт - Ортоалыш суу алуучу участогу

НЕГИЗГИ ЖЫЙЫНТЫКТАР

Бул изилдөө селкоркунучтуу өрөөндөрдүн коркунучун жана активдүүлүгүн баалоо ыкмаларын өркүндөтүүгө, ошондой эле алардын коркунучун болжолдоого багытталган. Натыйжада Түндүк Кыргызстандын тоо капталдарынын репрезентативдүү кичинекей чогуучу бассейндердин жана кургак дарыялардын мисалында тоо капкандары менен өрөөндөрдөгү көчкү коркунучун баалоо үчүн илимий негизделген методологиялык мамилелер жана критерийлер иштелип чыкты. Изилдөөнүн негизги милдеттери Кыргыз Республикасында жалпысынан, өзгөчө Түндүк жана Ички Тянь-Шандын өрөөндөрүндө сел процесстеринин өнүгүүсүнүн өзгөчөлүктөрүн изилдөөнү, сел агымдарынын калыптанышына ар түрдүү факторлордун таасирин талдоону, дарыя өрөөндөрүндөгү селдерден коркунучка кабылган зоналарды аныктоо методикасын иштеп чыгууну, Кыргыз кыркасынын борбордук бөлүгүндө жана Терскей Ала-Тоо кыркасында жайгашкан өрөөндөрдүн мисалында активдүүлүктүн палеосел реконструкциясын жүргүзүүнү камтыган.

Бул ишта келтирилген авторлордун иштерин эске алып, дендрохронология ыкмасын колдонуу менен палеосел реконструкциясы боюнча жүргүзүлгөн талаа аспаптык изилдөөлөр менен негизделген, Түндүк Тянь-Шандын типтештирилген пилоттук селкоркунучтуу дарыя бассейндери үчүн сел активдүүлүк коэффициенттерин эсептөө менен «Палеоселтаануу» инновациялык илимий багытын мындан ары өнүктүрүүнү сунушталат.

Бул ишта сунушталган кичинекей селчогуучу бассейндердин сел активдүүлүгүн баалоо үчүн комплекстүү мамиле, анын ичинде дарыялардын палеосел активдүүлүгүн талдоо үчүн дендрохронологиялык датировкалоо ыкмасын, сел агымдарын моделдештирүүнү, сел агымдарынын параметрлерин сандык баалоону колдонууну Кыргыз Республикасынын башка кыркаларына да жайылтуу сунушталат.

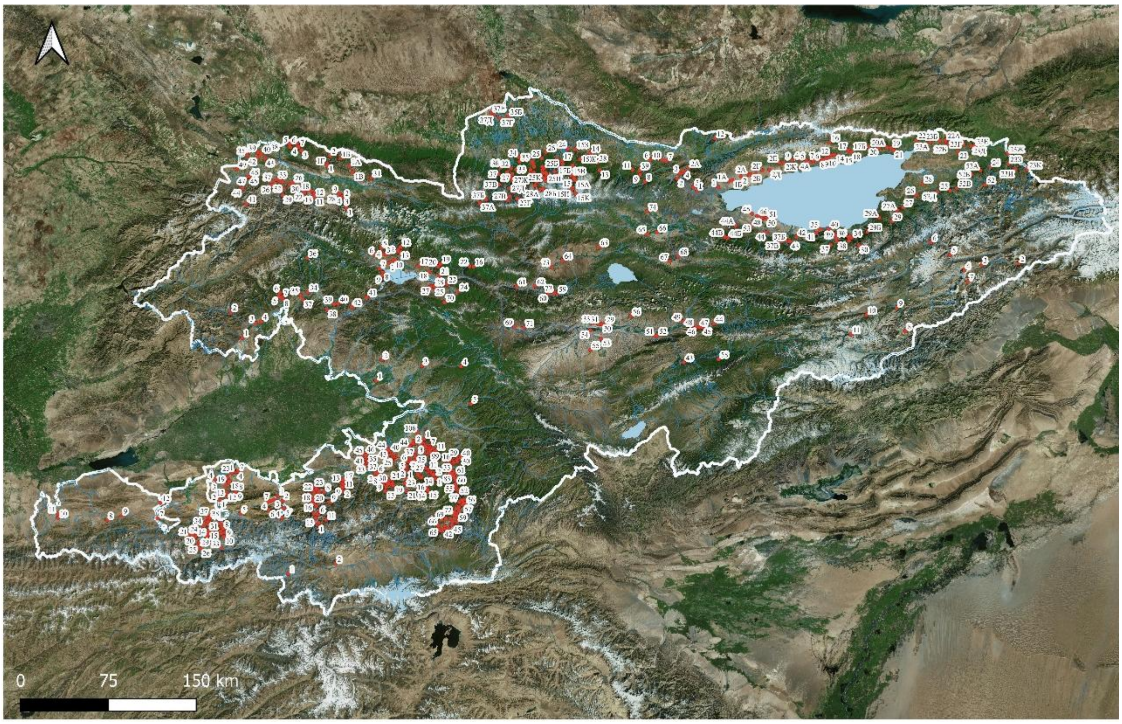
Инновациялык ыкмалардын - БПЛА жана ГИС технологияларынын колдонуусун, RAMMS, HEC-RAS сыяктуу заманбап моделдештирүү программалары менен катар киргизүү менен бекитилген улуттук сел агымдары менен зыян келтирүү зонасынын чектерин аныктоо методикасын өркүндөтүү сунушталат, бул болжолдук берилиштердин ишенимдүүлүгүн такташтырууга жана Түндүк Кыргызстандын калкы менен аймагына көчкү тобокелдиктеринин терс таасирин азайтуу үчүн сунуштарды иштеп чыгуунун эффективдүүлүгүн жогорулатууга мүмкүнчүлүк берет.

Климаттын өзгөрүүсүнүн шартында жана бул процесстердин криосферага түз таасирин эске алганда, өтө маанилүү аспект болуп Түндүк Кыргызстандын изилденген тоо өрөөндөрүнүн дарыя бассейндеринин муздуктардын морена менен жабылышы менен сел активдүүлүгүнүн өз ара байланышы жана ролун баалоо саналат.

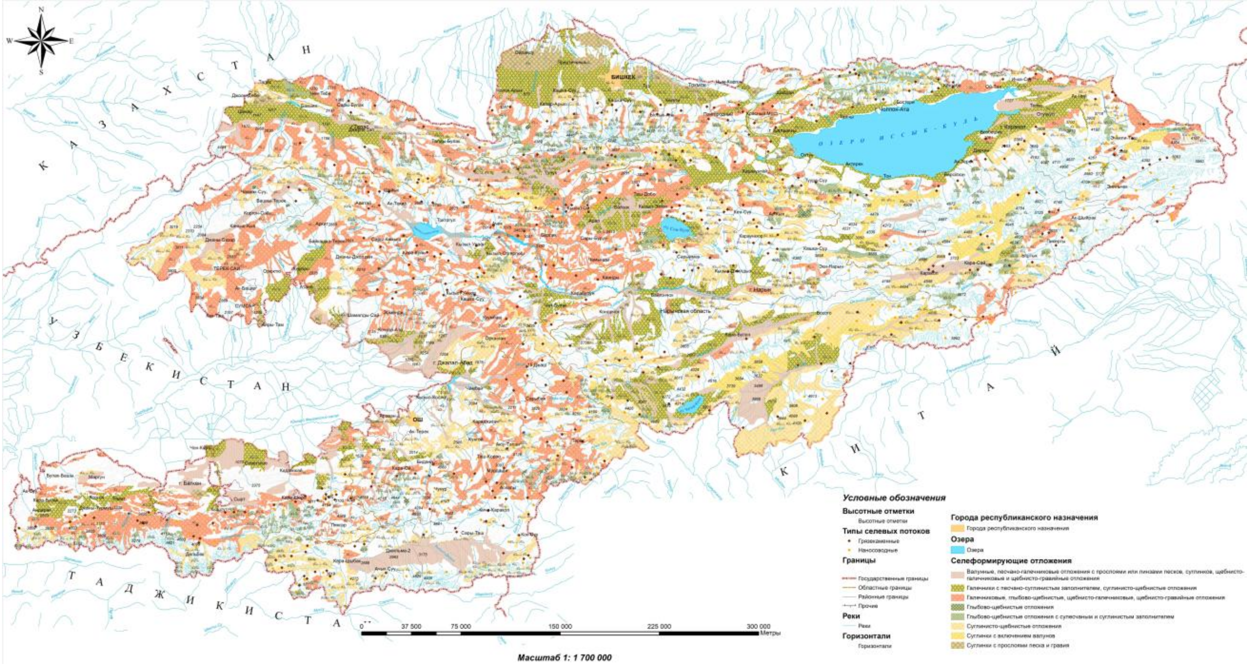
Бул комплекстүү изилдөөнүн натыйжалары КР ӨКМ жанындагы МПӨКБдин практикасына ийгиликтүү интеграцияланды. Ар түрдүү коркунучтуу табигый кубулуштарды мониторинглөө жана болжолдоодо негизги роль ойногон бул департамент, эми сел агымдары жана толкундар менен байланышкан тобокелдиктерди баалоо үчүн кыйла так жана кеңири берилиштерге ээ болду.

Изилдөө натыйжаларын киргизүү бул өзгөчө кырдаалдарга өз убагында эскертүү жана жооп берүүнү олуттуу жакшыртууга мүмкүнчүлүк берди, ошентип аймактын жалпы коопсуздугу менен туруктуулугун бекемдеди.

Сел жана толкун процесстеринин коркунучун жакшыраак түшүнүү үчүн, ошондой эле бул коркунучка кабылган зоналарды аныктоо үчүн жүргүзүлгөн изилдөөлөрдүн негизинде бул иштин 1-тиркемесинде келтирилген Кыргыз Республикасынын бүт аймагы үчүн селкоркунучтуу дарыялардын каталогу түзүлдү (10-сүрөт). Ошондой эле селкалыптандыруучу чөгүндүлөрдүн картасы түзүлдү (11-сүрөт).



10-сүрөт - Селкоркунучтуу дарыялардын каталогуна карта



11-сүрөт - Селкалыптандыруучу чөгүндүлөрдүн картасы

Кичинекей селчогуучулардын активдүүлүгү боюнча келтирилген изилдөө мурда коопсуз деп эсептелген жерлерде селкалыптануу процессине климаттык өзгөрүүлөрдүн таасири жагынан маанилүү. Мындай дарыячалар үчүн кабылчуу зоналарды орнотуу жана коркунуч карталарын түзүү үчүн кеңири маштабтагы моделдештирүүнү жүргүзүү сунушталат.

Ошентип, бул изилдөөнүн натыйжалары сел жана толкун процесстери менен байланышкан өзгөчө кырдаалдарга даярдык жана жооп берүү деңгээлин жогорулатууга гана көмөктөшпөстөн, Кыргызстанда мониторинглөө жана болжолдоо системаларын мындан ары өнүктүрүү жана өркүндөтүү үчүн баалуу негизди камсыз кылат. Мониторинглөө системасындагы бул өркүндөтүүлөр табигый кырсыктардан болгон түз зыяндарды азайтууда гана эмес, өлкөнүн мындай коркунучтарга каршы жалпы туруктуулугун бекемдөөдө да жардам берет.

ДИССЕРТАЦИЯ ТЕМАСЫ БОЮНЧА БАСЫЛГАН ИШТЕРДИН ТИЗМЕСИ

1. Reconstruction of hydrometeorological data using dendrochronology and machine learning approaches to bias-correct climate models in northern Tien Shan, Kyrgyzstan. [Text] / Erkin Isaev, Mariiash Ermanova, Roy C Sidle, Vitalii Zaginaev, Maksim Kulikov, Dogdurbek Chontoev // Water. – 2022. – Т. 14. – №. 15. – С. 2297. https://doi.org/10.3390/w14152297
2. Оползневые опасные процессы на территории Республики Кыргызстан и основные факторы, влияющие на активизацию оползней. [Текст] / Сакыев, Д. Ж., Загинаев, В. В., Омурзакова, Ш. А., Ыманбеков, К. Ы. 2023. Технологии гражданской безопасности, 20(S), 86-92.
3. Палео-селевая активность речных долин северного склона Кыргызского хребта. [Текст] / Загинаев В. В., Ерохин С. А., Оморова Г. // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана – №. 3. – С. 106-114. DOI: 10.26104/NNTIK.2022.17.55.017
4. Селевые потоки Боомского ущелья. [Текст] / Ерохин С.А., Чонтоев Д.Т. Загинаев В.В., Тузова Т.В. // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2022. №. 9. С. 75-85 DOI:10.26104/NNTIK.2023.48.19.014
5. Водные ресурсы погребенных льдов. [Текст] / Шукурбеков К., Ерохин С.А., Загинаев В.В. // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2021. №. 4. С. 35-38. DOI: 10.26104/NNTIK.2019.45.557
6. Организация мониторинга за прорывоопасными озерами (на базе высокогорной станции Адыгене). [Текст] / Кубанычбек уулу Н., Ерохин С.А., Загинаев В.В. // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2021. №. 4. С. 44-47. DOI: 10.26104/NNTIK.2019.45.557
7. Типизация горных озер Кыргызстана по степени их прорывоопасности. [Текст] / Ерохин С. А., Загинаев В. В. // Геориск. – 2020. – Т. 14. – №. 3. – С. 78-86. DOI: 10.25296/1997-8669-2020-14-3-78-86
8. Geomorphic control on regional glacier lake outburst flood and debris flow activity over northern Tien Shan. [Text] / Zaginaev, V., Dmitry Petrakov, Sergey Erokhin, Anna Meleshko, Markus Stoffel, and J. A. Ballesteros-Cánovas // Global and Planetary Change. – 2019. – Т. 176. – С. 50-59. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2019.03.003

9. Development of a Potentially Hazardous Pro-Glacial Lake in Aksay Valley, Kyrgyz Range, Northern Tien Shan. [Text] / Zaginaev, V., Falatkova, K., Jansky, B., Sobr, M. and Erokhin, S. // Hydrology. – 2019. – T. 6. – №. 1. – C. 3. DOI: 10.3390/hydrology6010003
10. Debris flows triggered from non-stationary glacier lake outbursts: the case of the Teztor Lake complex (Northern Tian Shan, Kyrgyzstan). [Text] / Erokhin, S.A., Zaginaev, V.V., Meleshko, A.A., Ruiz-Villanueva, V., Petrakov, D.A., Chernomorets, S.S., Viskhadzhieva, K.S., Tutubalina, O.V. and Stoffel, M. // Landslides. – 2018. – T. 15. – C. 83-98. DOI: 10.1007/s10346-017-0862-3
11. Оценка зависимости селевой активности горных долин от современного моренообразования. [Текст] / Ерохин С. А., Загинаев В. В. // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2018. – №. 3. – С. 8-16.
12. Lithology of mudflow-forming deposits. [Text] / Yerokhin S. A., Zaginayev V. V. //Central Asian Journal of Water Research. – 2017. – T. 3. – №. 1. – C. 24-30.

РЕЗЮМЕ
диссертации Загинаева Виталия Викторовича «Закономерности формирования селевых потоков (на примере Северного Тянь Шаня)» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.27 – «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия».

Ключевые слова: селевые потоки; селевые очаги; селесборы; селевые отложения; конус выноса; зона поражения; прорывы высокогорных озер; древесные кольца; дендрогеоморфология; палеоселеведение.

Объектом исследования являются горные долины в пределах Кыргызской Республики и склонов Северного и Восточного Тянь-Шаня.

Цель работы заключается в усовершенствовании методов оценки селеопасности горных долин путем применения комплексного подхода, включая палеоселевую оценку методом дендрохронологической датировки, оценки моренно-ледниковых комплексов и их влияния на селевые процессы и методики расчета зоны поражения.

Методы исследования включают полевые исследования, расчетную аналитику, моделирование селевых потоков, картирование и дешифрирование аэрофото- и космоснимков в современных ГИС с применением стандартных и разработанных методик оценки селевой опасности и активности речных долин.

На примере горных долин Тянь-Шаня в пределах Кыргызской Республики проведены полевые работы по изучению особенностей селеформирования. Для наиболее селеопасных долин было проведено моделирование с использованием современных подходов и программ, в связи с чем были даны рекомендации о внесении дополнений в существующую методику по определению границ зоны поражения селевыми потоками. Для восстановления исторических селевых потоков был применен дендрогеоморфологический метод. Также была произведена оценка селевой активности малых селесборов. Применение данного метода, а также оценка моренно-ледниковых комплекосв позволило оценить влияние моренообразования на селевую активность. Так было получено, что активность селей возрастает в тот момент, когда открытая часть ледников превышает 64 процента, и становится меньше, когда доля части покрытой мореной становится больше 35 процентов. Эти два процентных значения стали ключевыми показателями, определяющими переход селевой активности от роста к её спаду и обратно. Они отражают важное соотношение между состояниями ледников, и поэтому были названы "Критерием замореногости". Этот критерий помогает понять причины резкого снижения активности селевых процессов в последние 50 лет, особенно после того, как покрытие мореной ледниковой зоны превысила порог в 35%. Данное исследование и полученные результаты имеют большое значение для понимания региональных особенностей селевой активности и может быть ключевым для разработки мер по предотвращению и минимизации рисков, связанных с селевыми потоками. Также оно способствует глубокому пониманию взаимосвязи между геологическими, гидрологическими и климатическими факторами в процессе формирования селей, что необходимо для эффективного управления природными рисками и планирования использования земель в горных регионах. Впервые составлен каталог селеопасных рек Кыргызской Республики. Полученные результаты исследований могут быть использованы в работе профильных организаций обеспечивающих защиту населения и территорий от угрозы действия селевых потоков, а также в качестве учебно-методического материала в ВУЗах и колледжах. Автором предлагается дальнейшее развитие палеоселеведения и внедрение данного направления в образовательный процесс по подготовке профильных специалистов.

КЫСКАЧА МАЗМУНУ

25.00.27 – «Жер гидрологиясы, суу ресурстары, гидрохимиясы» адистиги боюнча техника илимдеринин доктору илимий даражасын алуу үчүн Виталий Викторович Загинаевдин «Сел агындарынын пайда болуу моделдери (Түндүк Тянь-Шандын мисалында)» диссертациясы.

Негизги сөздөр: сел; сел борборлору; айылдык коллекциялар; сел кендери; алып чыгуу конусу; жабыркаган аймак; бийик тоолуу көлдөрдүн ачылыштары; дарак шакектери; дендрогеоморфология; палеоселеведение.

Изилдөөнүн объектиси болуп Кыргыз Республикасынын аймагындагы тоолуу өрөөндөр жана Түндүк менен Чыгыш Тянь-Шандын беттери эсептелет.

Иштин максаты - комплекстүү мамилени колдонуу менен тоолуу өрөөндөрдүн сел коркунучун баалоонун ыкмаларын өркүндөтүүдө турат, анын ичинде дендрохронологиялык датировкалоо ыкмасы менен палеосел баалоосу, морена-муздук комплекстерин баалоо жана алардын сел процесстерине тийгизген таасири жана жабыркоо зонасын эсептөө методикасы камтылат.

Изилдөө ыкмалары талаа изилдөөлөрүн, эсептөөчү аналитиканы, сел агымдарын моделдештирүүнү, карталаштырууну жана аэрофото- жана космостүшүрүүлөрдү азыркы ГИСтерде дешифрлөөнү камтыйт, сел коркунучун жана дарыя өрөөндөрүнүн активдүүлүгүн баалоонун стандарттык жана иштелип чыккан методикаларын колдонуу менен.

Кыргыз Республикасынын аймагындагы Тянь-Шан тоолуу өрөөндөрүнүн мисалында сел пайда болуунун өзгөчөлүктөрүн үйрөнүү боюнча талаа иштери жүргүзүлдү. Эң сел коркунучтуу өрөөндөр үчүн заманбап мамилелерди жана программаларды колдонуу менен моделдештирүү жүргүзүлдү, ошонун натыйжасында сел агымдары менен жабыркоо зонасынын чектерин аныктоо боюнча учурдагы методикага кошумча киргизүү тууралуу сунуштар берилди. Тарыхый сел агымдарын калыбына келтирүү үчүн дендрогеоморфологиялык ыкма колдонулду. Ошондой эле кичинекей сел чогултуучулардын сел активдүүлүгүнө баалоо жүргүзүлдү. Бул ыкманы колдонуу, ошондой эле морена-муздук комплекстерин баалоо морена пайда болуунун сел активдүүлүгүнө тийгизген таасирин баалоого мүмкүнчүлүк берди. Ошентип, муздуктардын ачык бөлүгү 64 пайызды ашканда сел активдүүлүгү өсө баштайт жана морена менен жабылган бөлүктүн үлүшү 35 пайыздан көп болгондо азая баштайт деген жыйынтык алынды. Бул эки пайыздык маани сел активдүүлүгүнүн өсүүдөн төмөндөөгө жана тескерисинче өтүүсүн аныктаган негизги көрсөткүчтөр болду. Алар муздуктардын абалдарынын ортосундагы маанилүү катышты чагылдырат жана ошондуктан "Морена менен жабылуу критерийи" деп аталды. Бул критерий акыркы 50 жылда, өзгөчө муздук зонасынын морена менен жабылуусу 35% босогосунан ашкандан кийин сел процесстердин активдүүлүгүнүн күчтүү төмөндөөсүнүн себептерин түшүнүүгө жардам берет. Бул изилдөө жана алынган жыйынтыктар сел активдүүлүгүнүн аймактык өзгөчөлүктөрүн түшүнүү үчүн чоң мааниге ээ жана сел агымдары менен байланышкан тобокелдиктерди алдын алуу жана азайтуу чараларын иштеп чыгуу үчүн ачкыч болушу мүмкүн. Ошондой эле бул сел пайда болуу процессинде геологиялык, гидрологиялык жана климаттык факторлордун ортосундагы өз ара байланышты терең түшүнүүгө өбөлгө түзөт, бул тоолуу аймактарда жаратылыш тобокелдиктерин эффективдүү башкаруу жана жерди пайдалануу планын түзүү үчүн зарыл.

Кыргыз Республикасынын сел коркунучтуу дарыяларынын каталогу биринчи жолу түзүлдү.

Алынган изилдөө жыйынтыктары калкты жана аймактарды сел агымдарынын коркунучунан коргоону камсыз кылган тиешелүү уюмдардын ишинде, ошондой эле ЖОЖдорго жана колледждерде окуу-методикалык материал катары колдонулушу мүмкүн. Автор палеоселтаанымынын мындан ары өнүгүшүн жана бул багытты тиешелүү адистерди даярдоо боюнча билим берүү процессине киргизүүнү сунуш кылат.

SUMMARY

dissertation of Vitalii Zaginaev "Regularities of debris flow formation (on the example of Northern Tien Shan)" for the degree of Doctor of Technical Sciences on speciality 25.00.27 - "Land hydrology, water resources, hydrochemistry".

Keywords: debris flows; debris centres; mudflows; mudflows; mudflow deposits; removal cone; impact zone; high-mountain lake outbursts; tree rings; dendrogeomorphology; palaeochronology

The object comprises mountain valleys within the Kyrgyz Republic and the slopes of the Northern and Eastern Tien Shan.

The objective of the work is to improve methods for assessing debris flow hazards in mountain valleys through the application of a comprehensive approach, including paleodebris flow assessment using dendrochronological dating methods, evaluation of moraine-glacial complexes and their influence on debris flow processes, and methodologies for calculating damage zones.

The research methods include field studies, computational analytics, debris flow modeling, mapping and interpretation of aerial and satellite imagery in modern GIS using standard and developed methodologies for assessing debris flow hazards and river valley activity.

Field work was conducted to study the characteristics of debris flow formation using the example of Tien Shan mountain valleys within the Kyrgyz Republic. For the most debris flow-prone valleys, modeling was performed using modern approaches and programs, resulting in recommendations for additions to the existing methodology for determining the boundaries of debris flow damage zones. The dendrogeomorphological method was applied to reconstruct historical debris flows. An assessment of debris flow activity in small catchment basins was also conducted. The application of this method, as well as the evaluation of moraine-glacial complexes, allowed for assessing the influence of moraine formation on debris flow activity. It was found that debris flow activity increases when the exposed part of glaciers exceeds 64 percent and decreases when the proportion of the moraine-covered part becomes greater than 35 percent. These two percentage values became key indicators determining the transition of debris flow activity from growth to decline and vice versa. They reflect an important relationship between glacier states and were therefore termed the "Moraine Coverage Criterion." This criterion helps understand the reasons for the sharp decline in debris flow process activity over the past 50 years, especially after moraine coverage of the glacial zone exceeded the 35% threshold. This research and the obtained results are of great importance for understanding regional characteristics of debris flow activity and may be key for developing measures to prevent and minimize risks associated with debris flows. It also contributes to a deep understanding of the interrelationship between geological, hydrological, and climatic factors in debris flow formation processes, which is necessary for effective natural risk management and land use planning in mountainous regions.

For the first time, a catalog of debris flow-prone rivers of the Kyrgyz Republic was compiled. The obtained research results can be used in the work of specialized organizations ensuring protection of population and territories from debris flow threats, as well as educational and methodological material in universities and colleges. The author proposes further development of paleodebris flow studies and the introduction of this field into the educational process for training specialized professionals.