

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/05.06.2020.Т.03.06 РАҚАМЛИ  
ИЛМий КЕНГАШ АСОСИДА БИР МАРТАЛИК ИЛМий КЕНГАШ**

---

**ГИДРОГЕОЛОГИЯ ВА МУҲАНДИСЛИК ГЕОЛОГИЯСИ  
ИНСТИТУТИ**

**КАДИРХОДЖАЕВ АЪЗАМ АЛИШЕРОВИЧ**

**КЎЧКИЛАРДАН ЭРТА ОГОҲЛАНТИРИШДА ЗАМОНАВИЙ  
БОШҚАРУВ ТИЗИМЛАР ВА МОНИТОРИНГ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ**

**04.00.04 - Гидрогеология ва муҳандислик геологияси**

**ГЕОЛОГИЯ-МИНЕРАЛОГИЯ ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси**  
**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**  
**Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)**

**Кадирходжаев Аъзам Алишерович**

Кўчкилардан эрта огоҳлантиришда замонавий бошқарув  
тизимлар ва мониторинг технологиялари.....3

**Кадирходжаев Аъзам Алишерович**

Современные системы управления и технологии мониторинга  
для раннего предупреждения оползней.....21

**Kadirhodjaev Azam Alisherovich**

Modern management systems and monitoring technologies  
for early warning of landslides.....37

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....40

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/05.06.2020.Т.03.06 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**  

---

**ГИДРОГЕОЛОГИЯ ВА МУҲАНДИСЛИК ГЕОЛОГИЯСИ  
ИНСТИТУТИ**

**КАДИРХОДЖАЕВ АЪЗАМ АЛИШЕРОВИЧ**

**КЎЧКИЛАРДАН ЭРТА ОГОҲЛАНТИРИШДА ЗАМОНАВИЙ  
БОШҚАРУВ ТИЗИМЛАР ВА МОНИТОРИНГ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ**

**04.00.04 - Гидрогеология ва муҳандислик геологияси**

**ГЕОЛОГИЯ-МИНЕРАЛОГИЯ ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2020**

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.2.PhD/GM17 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Гидрогеология ва муҳандислик геологияси институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз-резюме) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) ва «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)) жойлаштирилган.

<b>Илмий раҳбар:</b>	<b>Бакиев Саиднасим Алимович</b> геология-минералогия фанлари доктори, катта илмий ходим
<b>Расмий ошпонентлар:</b>	<b>Иргашев Юлдашбай</b> геология-минералогия фанлари доктори, профессор <b>Мищенко Вячеслав Дмитриевич</b> геология-минералогия фанлари номзоди
<b>Етакчи ташкилот:</b>	Сейсмология институти

Диссертация химояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03/05.06.2020.T.03.06 рақамли Илмий кенгаш асосидаги бир марталик илмий кенгашнинг 2020 йил «17» декабрь соат 11:00 даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент ш., Университет кўчаси, 2-уй. Тел./факс: (99871) 246-46-00/227-10-32, e-mail: [tadqiqotchi@tdtu.uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz)).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№187-рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент ш., Университет кўчаси, 2-уй. Тел.: (99871) 246-46-00).

Диссертация автореферати 2020 йил «05» декабрь куни тарқатилди.  
(2020 йил «05» декабрдаги №1-рақамли ресстр баённомаси).



**Рахимов А.А.**  
Илмий даражалар берувчи  
Илмий кенгаш раиси, т.ф.д.

**Каримов Ш.А.**  
Илмий даражалар берувчи  
Илмий кенгаш котиби,  
т.ф. бўйича фалсафа доктори (PhD)

**Н. Хабибуллаев**  
Илмий даражалар берувчи  
Илмий кенгаш қошидаги илмий  
семинар раиси, т.ф.д., профессор

## **КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)**

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати Дунё миқёсида тоғ ва тоғ олди ҳудудларида ривожланадиган ҳавфли геологик жараёнларни доимий кузатиш муҳим аҳамият касб этади, чунки бундай турдаги табиий офатлар жамиятга келтирадиган иқтисодий ва ижтимоий талафотлари кўламининг кенглиги билан ажралиб туради. Буни Бирлашган миллатлар ташкилотининг табиий офатлар хавфини камайтириш бўйича бошқарувининг «1998 йилдан 2017 йилгача табиий офатлар натижасида жаҳон бозорининг молиявий йўқотишлари 251 %га ўсганлиги тўғрисида»ги маълумотларидан ҳам билиш мумкин. Бу борада геологик хавф-хатарларни аниқлаш ва бошқариш бўйича илғор Япония, АҚШ, Италия, Корея, Ҳиндистон каби мамлакатларда қатор чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. Ушбу амалга оширилаётган тадбирлар ҳавфли геологик жараёнлар (кўчкилар) тарқалган ҳудудлардаги аҳоли пунктлари ва ишлаб чиқариш объектлари хавфсизлигини таъминлашга хизмат қилади.

Бугунги кунда дунёнинг ривожланган давлатларида ҳавфли геологик жараёнлари вужудга келишининг дастлабки босқичларида аниқлаш ва уларни бошқариш тизимларини такомиллаштиришга йўналтирилган кўплаб илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда, жумладан бундай механизмларни аниқлаш, самарали бошқариш, илғор технологиялар кўллаб мониторинг қилиш, эҳтимоли юқори хавф тенденцияларини баҳолаш каби устувор масалаларга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада 2015 йилда учинчи Бутунжаҳон анжуманида табиий офатлар хавфини камайтириш бўйича Сендай доиравий дастури ҳам қабул қилинган. Ушбу тадқиқотлар натижалари, ўз навбатида, табиий офатларни олдиндан аниқлаш ва талафотларини камайтириш бўйича муайян чора-тадбирларни амалга оширишга имкон яратади.

Мамлакатимизда кўчки жараёнларини мониторинг қилиш бўйича қатор чора-тадбирлар амалга оширилмоқда, жумладан, республиканинг 21,3% ҳудудини қамраган тоғ ва тоғ-олди ҳудудлари ва унинг 40% ҳавфли экзоген геологик жараёнлар юз бериши эҳтимоли бўлган ҳудудларда 7 та станция ташкил этилган ва актив геологик жараёнларни доимий кузатиш тизими яратилган. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегиясида «Ижтимоий-иқтисодий ривожланишни жадаллаштириш, халқнинг турмуш даражаси ва даромадларини ошириш учун ҳар бир ҳудуднинг табиий, минерал хомашё салоҳиятидан комплекс ва самарали фойдаланишни таъминлаш»<sup>1</sup> вазифалари белгилаб берилган. Бунда кўчкилардан эрта огоҳлантиришда замонавий бошқарув тизимлари ва мониторинг технологиялари бўйича илмий тадқиқотларни олиб бориш мақсадга мувофиқ ҳисобланади.

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

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

2018 йил 1 мартдаги ПҚ-3578-сон «Давлат геология ва минерал ресурслар кўмитаси фаолиятини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги қарори ҳамда Вазирлар Маҳкамасининг 2017 йил 13 ноябрдаги 909-сон «Хавфли геологик жараёнларни кузатиш хизмати фаолиятини такомиллаштириш тўғрисида»ги қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фани ва технологиясини тараққиётининг устувор йўналишларига, VIII қисм «Ер ҳақидаги фанлар (геология, геофизика, сейсмология ва минерал хомашёни қайта ишлаш)»га мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Табиий офатлар, уларнинг шаклланиши, кўчкилар хавфи масалалари билан хорижий давлатларнинг Д.Киффер, К.Сасса, П.Канутти, Т.Трофимова, Г.Тер-Степанян, А.Рагозин, А.Шеко, В.Круподёров, В.Осипов, Саро Ли, Х.Нефесоглу, Б.Сан, Р.Баум, Д.Годт каби олимлари ва муҳандис-геологлари шуғулланганлар. Ўзбекистонда Г.А.Мавлянов, Р.А.Ниязов, М.М.Мирасланов, В.П.Ким, Ш.Х.Абдуллаев, В.Д.Минченко, Б.И.Туляганов ва бошқалар ўрганганлар.

Шу билан бирга, сўнгги даврларда ахборот коммуникация технологияларининг ўсиши билан боғлиқ илғор ёндашувларнинг сезиларли даражада ривожланиши сабабли, мониторинг технологияси ва замонавий бошқарув тизимлари доирасидаги тадқиқотларни янада таргетлаш, жаҳон амалиётини кенг қўллаш ҳамда уларни ҳудудлар шароитларига мослаштириш бўйича аниқ чора-тадбирларни ишлаб чиқишни тақозо этмоқда.

Ушбу илмий иш кўчкиларни эрта огоҳлантиришда мониторинг технологиялари ва замонавий бошқарув тизимларини қўллашни ҳисобга олган ҳолда, комплекс тизимли ёндашув натижаларига асосланган, ахборот таҳлили ҳамда картографик материалларни асосида юқоридаги муҳандислик муаммоларни тизимли ва янада самарали тадқиқ қилишдан иборат.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Хавфли геологик жараёнларни (ХГЖ) кузатиш давлат хизмати ҳамда Гидрогеология ва муҳандислик геологияси институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ «Республика тоғ ва тоғолди ҳудудларини кўчки хавфига мойиллик жиҳатидан 1:25000 миқёсда хариталаш» (2013-2016) ҳамда «Республика табиий хавфлар юқори зоналарининг давлат кадастрини юритиш (2015-2018) каби амалий лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** хавфли геологик жараёнлар мавжуд ҳудудларида замонавий мониторинг технологиялари ва бошқарув услублари орқали назорат тизимини такомиллаштиришдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

инновацион илмий-техник ютуқлардан фойдаланган ҳолда халқаро тажриба ва кўчкилар хавфини баҳолаш услубларини чуқур таҳлил қилиш;

кўчкилар ва унга сабаб бўлган омиллар ўртасида ўзаро боғлиқликни, шунингдек, бундай боғлиқлик даражасини интерактив ва илмий жихатдан таҳлил қилиш учун эҳтимоллик ёндашув услубини жорий этиш;

аҳоли пунктлари ва бошқа объектларни кўчкилар таъсиридан ҳимоя қилиш учун кўчкига қарши чораларни амалга ошириш ва қарор қабул қилиш учун йирик кўчкиларнинг ҳалокатли оқибатлари эҳтимолини таҳлил қилиш;

йирик кўчкилардан эрта огоҳлантиришда замонавий технологиялар асосида мониторингини такомиллаштириш, уларнинг ҳалокатли оқибатлари ҳақида тегишлича аҳолини огоҳлантириш;

хорижий тажриба ва мувафақиятли лойиҳалар таҳлили асосида ХГЖ фаол ривожланувчи ҳудудлардан оқилона фойдаланиш тавсияларини бериш.

**Тадқиқотнинг объекти** Тошкент вилоятида Чирчиқ дарёси юқори қисмидаги йирик кўчкилар ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг предмети** сифатида Чирчиқ дарёси юқори қисмидаги характерли кўчки объектларининг шаклланиши, ривожланиш шароитлари ва хусусиятлари танланган.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Қўйилган вазифаларни амалга оширишда аниқ материалларни ва хорижий тажрибани илмий таҳлил қилиш, дала муҳандислик-геологик тадқиқотлар, ер усти 3D сканерлаш методикаси, ретроспектив таққослаш таҳлили, математик статистика, космос-ва фотосуратларни ўрганиш, ГИС ва хариталаш натижаларини қайта ишлашни ўз ичига олган комплекс усуллардан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

кўчкилар ва уларни келтириб чиқарувчи омиллар ўртасидаги ўзаро боғлиқликни интерактив таҳлил қилиш имконини берувчи эҳтимоллик ёндашуви асосланган;

хавфли геологик жараёнларни таҳлил қилиш тамойиллари ва услублари тўлиқ тавсифланиб такомиллаштирилган;

йирик кўчки намоёнларини тасвирлаш имконини берувчи объект таҳлиliga йўналтирилган концептуал модел асосланган;

тўпланган маълумотларни ягона концептуал асосга бирлаштириш билан кўчкилар ва атроф-муҳит омилларининг ягона базаси яратилган.

**Тадқиқотларнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

эҳтимоллик таҳлили ёндашуви асосидаги частоталар нисбати моделидан фойдаланган ҳолда кўчкилар юзага келишининг 16 та топографик ва геологик факторлари келтирилиб, кўчкига мойиллик харитаси тузилган;

геоинформацион тизимдаги (ГИС) топографик маълумотларнинг кўчки намоёнлари маълумотлар базаси ва унинг омиллари билан интеграцияси амалга оширилган бўлиб, ўзаро боғлиқликни рақамли ва миқдорий жихатдан ишончли таҳлил қилиш имкони яратилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги** кўчкилар ва уларни вужудга келтирувчи турли факторлар ўртасидаги ўзаро боғлиқликнинг чуқур таҳлили билан асосланган. Бунда ишлаб чиқилган частоталар нисбатининг эҳтимоллик модели ҳамда кўчкиларни юзага келиши юзасидан тўпланган маълумотлар, кўчки ва уларни келтириб чиқарувчи омиллар ўртасидаги ўзаро боғлиқликни интерактив фазовий баҳолаш имконини беради.

Шунингдек, кўчкига мойиллик харитасига мувофиқ частоталар коэффициенти моделининг аниқлиги 82%ни ташкил этиши, бевосита кузатувлар жараёнида тасдиқланганлиги билан изоҳланади.

#### **Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти эҳтимоллик, фазовий структуралар таҳлили ва интерактив хариталашни ўз ичига олган жаҳон амалиёти, тавсиялари ва ечимларини мужассамлаштириб, мониторинг технологиялари ва бошқарув тизимининг илгари сурилиши ҳисобланади. Ушбу технологиялар ва бошқарув тизимини ўз ичига олган услубият кўчкилар ва сабабчи омиллари ўртасидаги интерактив боғлиқликларни самарали таҳлил қилишда келгусидаги илмий тадқиқотларга асос бўлиб хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти эса ХГЖ мониторинги ва муҳандислик-геологик тадқиқотларига замонавий 3D сканерлаш усуллари, ретроспектив таққослаш таҳлили, математик статистика, космо- ва фотосуратларни қайта ишлаш, ГИС технологиялари ёрдамида хариталаш каби комплекс усулларни кўчки хавфи юқори учаскаларда қўллашга имкон яратади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Кўчкилардан эрта огоҳлантиришда замонавий бошқарув тизимлари ва технологиялари бўйича олинган илмий натижалар асосида:

кўчкиларни аниқлаш бўйича частоталар нисбати услубияти «Давлат кузатиш хизмати» ДМнинг муҳандислик-геологик тадқиқотларига жорий этилган (Давлат геология қўмитасининг 2020 йил 27 августдаги 04/08-сон маълумотномаси). Натижада, йирик кўчкилар хавфини баҳолашга хизмат қилган;

частоталар нисбати бўйича эҳтимоллик модели «Давлат кузатиш хизмати» ДМнинг мониторинг объектларида жорий этилган (Давлат геология қўмитасининг 2020 йил 27 августдаги 04/08-сон маълумотномаси). Натижада, кўчкилар ва уларнинг сабабчи омиллари ўртасидаги интерактив боғлиқликларни аниқлаш имконини берган;

кўчкилар эҳтимоли юқори ҳудудлар хариталарини тузишнинг такомиллаштирилган услубияти «Давлат кузатиш хизмати» ДМнинг фаолиятига жорий этилган (Давлат геология қўмитасининг 2020 йил 27 августдаги 04/08-сон маълумотномаси). Натижада, частота модели аниқлигини тасдиқлашга ҳамда Бўстонлик туманидаги тоғли ҳудудларда кўчки эҳтимоли зоналарини самарали ажратишга асос бўлиб хизмат қилган;

кўчкиларни аниқлашда частоталар нисбати услубияти ва модели Корея геология фанлари ва минерал ресурслар институтида инженер геологик тадқиқотлар маълумотларини таҳлил қилишда фойдаланилган (КИГАМ институтининг 2020 йил 20 июлдаги 314-82-02238-сон маълумотномаси). Натижада, йирик кўчкилар ва уларга таъсир этувчи асосий омиллари ўртасидаги фазовий муносабатларини ишончли ва сифатли таҳлил қилиш, кўчкилар зонасини интерактив хариталаштириш ҳамда кўчкилар эҳтимоли юқори нуқталарини ажратиш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 5 та халқаро ва 2 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.



**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 10 та илмий иш чоп этилган, шулардан Олий аттестация комиссияси томонидан докторлик диссертациясининг илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган нашрларда 8 та мақола, жумладан 6 та республика ва 2 та мақола импакт факторига эга хориж журналларида нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация кириш, 4 та боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат. Диссертациянинг ҳажми 110 матнли бетни ташкил этади.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

**Киришда** тадқиқотларнинг долзарблиги, мақсад ва вазифалари асосланрилиб, объект ва мавзу атрофлича тавсифланган ҳамда республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мувофиқлиги кўрсатилиб, илмий янгилик ва амалий натижалар баён этилган. Шу билан бирга, тадқиқотларнинг илмий ва амалий аҳамияти, муҳандислик-геологик ишларининг амалиётга жорий этилиши ёритилиб, эълон қилинган мақолалар ва диссертация структураси бўйича маълумотлар келтирилган.

Биринчи боб **«Ўзбекистонда хавфли геологик жараёнларни муҳандислик-геологик ўрганишнинг тарихи ва замонавий ҳолати»**га бағишланган бўлиб, 3 та параграфдан ташкил топган.

Биринчи параграфда *«Марказий Осиёда муҳандислик-геологик тадқиқотлар тарихи»*га эътибор қаратилиб, тадқиқотлар ҳолати, минтақада изчил ривожлангани ва гидрогеологик жиҳатдан ўрганилганлиги ёритилган.

Иккинчи параграф *«Ўзбекистон кўчки хизматининг ташкил этилиши ва фаолиятининг норматив-ҳуқуқий асослари»*га бағишланиб, Хавфли геологик жараёнларни кузатиш хизмати ташкил этилиши (08.04.1994 й. 194-сон) ва хулосаларининг республика мавқеида юридик кучга эгаллиги, мутахассислари эса давлат инспекторлари ҳисобланиши таъкидланган.

Учинчи параграфда *«Хорижий давлатларда хавфли геологик жараёнларни (ХГЖ) мониторинг ҳолати ва халқаро амалиётлар таҳлили»* келтирилган, шу жумладан Фарбий Европа, Жанубий Шарқий Осиё, Шимолий Америка ва МДХда атроф муҳитни мониторинг қилишнинг, шу жумладан ХГЖ мониторинги бўйича миллий (федерал) хизматлари фаолияти ҳамда илмий-амалий дастур ва лойиҳалар доирасида самарали кузатувларни ташкил этиш тажрибаси ва таҳлили келтирилган.

Иккинчи бобда **«ХГЖларни ўрганишда муҳандислик-геология методлари ва директив тамойиллари»** келтирилиб, 4 параграфдан иборат.

Биринчи параграф *«Кўчкиларни ўрганиш соҳасидаги ривожланиш тенденциялари ва замонавий талаблар»*га бағишланиб, ҳудудларнинг жадал равишда ўзлаштирилиши натижасида, мониторинг жараёнида замонавий усул ва ахборот-коммуникация технологияларининг муҳимлиги ёритилган.

Иккинчи параграфда *«Замонавий талаблар шароитида кўчкиларни ўрганишда муҳандислик-геология тадқиқотларининг асосий вазифалари»*да кўчкилар қўламининг тобора ортиши, жадаллашуви ва ҳар йили такрорланиши, аҳоли ва хўжалик объектларига доимий хавфини туғдиради, бу эса ўз навбатида фавқулодда вазият ва хавфни бартараф этишда моддий зарарни юзага келтиради.

Кўчкилар ва уларни келтириб чиқарувчи турли омиллар ўртасидаги ўзаро боғлиқлик таҳлили нафақат кўчкилар механизми ҳақида, балки келгуси кўчкиларни башорат қилиш ва улар хавфини баҳолаш учун ҳам асос бўлади. Бу ёндашувлар частоталар нисбати, логистик регрессия, ечимлар алгоритми ва таянч векторларни ажратишни ўз ичига олган.

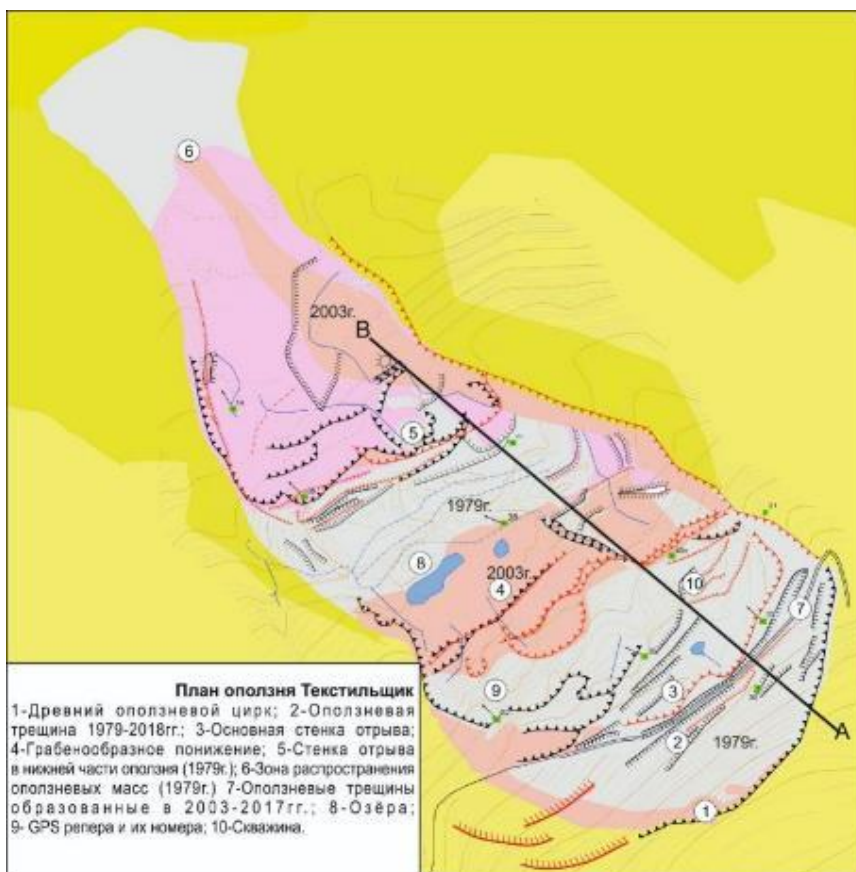
Учинчи параграф «Чотқол-Қурама зонасида характерли кўчки объектларини танлаш»га, асосий шаклланиш омилларини тавсифлаш бўйича батафсил тадқиқотларни ўтказиш учун Текстильщик ва Мингчукур кўчкилари таҳлилига бағишланган. Жаҳон амалиёти таҳлилини ҳисобга олган ҳолда, илмий ишда фойдаланилган тамойил ва усуллар, ёндашувнинг афзаллик ва камчиликлари, шунингдек келгуси тадқиқотлар йўналишлари тасвирланган.

Тўртинчи параграф «Тадқиқот ҳудудининг геологик, гидрогеологик ва муҳандислик-геологик хусусиятлари»га бағишланган.

Учинчи бобда «Йирик кўчки майдонларининг муҳандислик-геологик хусусиятлари» кўриб чиқилган. Боб 3 параграфдан иборат.

Биринчи параграфда «Тадқиқотлар ҳудудининг табиий шароитлари ва асосий характерли жиҳатларини таснифлаш» келтирилиб, бунда ҳудуд геологик-тектоник тузилиши, геморфологик хусусиятлари батафсил баён этилган, тоғ жинслари гидрогеологик тавсифномаси, муҳандислик-геологик таркиби ва хусусиятлари берилган. Ҳудуднинг метеорологик параметрлари ва ХГЖлар шаклланиш хусусиятлари ва ривожланиши келтирилган.

Иккинчи параграфда «Текстильщик йирик кўчкисининг шаклланиши табиати ва ривожланиши» ҳақида маълумотлар келтирилиб, юқори генерация, қуйи генерация ва кўчки тили бўйича маълумот берилган (1-расм).



1-расм. Текстильщик кўчкиси чизмаси.

Юқори генерациянинг узилиш девори Сижжак терассасининг поғонасига (абс.отм. 1108-1018 м) тўғри келиб, кўчки асосий қисми ва қуйи палласи эса ушбу терасса юзасига тушган (1020-900 м). Қуйи генерациянинг узилиши Қизилсув терассасининг поғонасига тўғри келиб, кўчкининг тил қисми Хумсон терассасининг юзаси устига (850-790 м) тушган (2-расм).



2-расм. Текстильщик майдони космосурати.

Кўчки майдонини ташкил этувчи жинсларнинг, стратиграф-литологик, петрографик ва физик-механик хусусиятлари батафсил баён этилган. Суглинкаларнинг энг катта қалинлиги майдоннинг юқори қисмида - 53 м да бўлиб, қалинлиги 20-30 м дан иборат. Суглинкалар гранулометриқ таркиби бўйича чангсимон (59-78 %) ва лойсимон заррачалардан (13-28%) ҳамда кам даражада (2-1%) қумли заррачалардан ташкил топган.

Гидрогеологик тадқиқотлар натижалари ва шаклланган жинсларнинг кескин ҳолати ҳам келтирилган. 1954-2017 йиллар учун вақт омили сифатида кўчки динамикасининг батафсил тафсифномаси берилган (1-жадвал).

1-жадвал

**Текстильщик майдонида кўчкининг ривожланиш каталоги**

Вужудга келиш йили	Кўриниши	Ҳажми
1954	Кўчки	22,5 млн. м <sup>3</sup>
1979	Кўчки	6,5 млн. м <sup>3</sup>
1980	Кўчки	22,0 м <sup>3</sup>
1987	Кўчки	6,8 тыс. м <sup>3</sup>
2003	Кўчки	9,0 тыс. м <sup>3</sup>
2004	Ёриқ	Узунлиги 20 м гача
2005	Ёриқлар серияси	Узунлиги 600 м гача
2017	Ёриқ	Узунлиги 60м гача

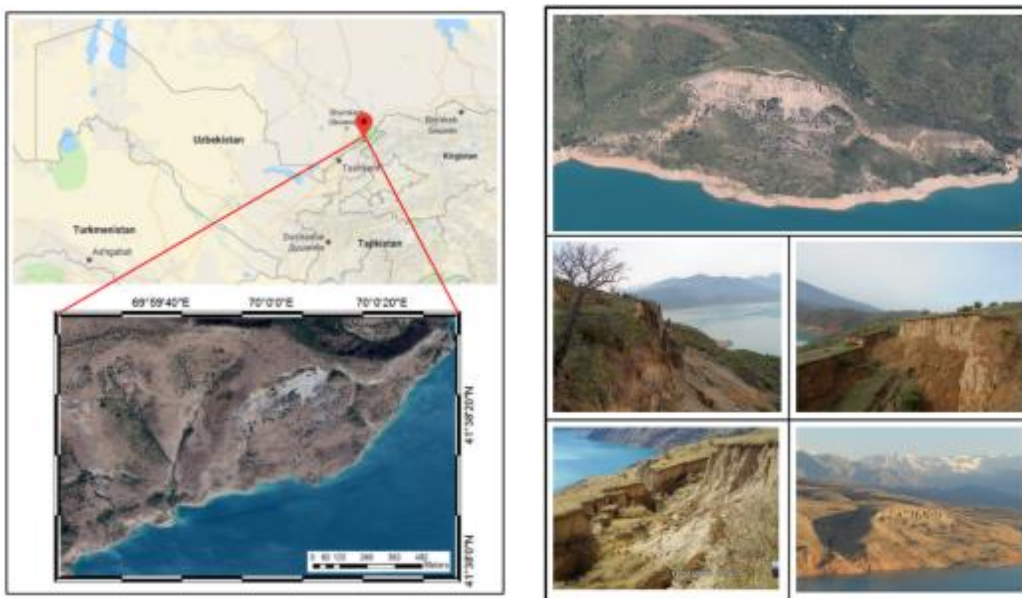
Текстильщик кўчкисида келгусида муайян мониторингни GPS ўлчовлари, булоқлар сарфи ўлчовлари, қудуқлардаги ер ости сувлари сатхи, асбоб ва маркалар бўйича ўлчовлар билан давом эттириш ҳамда қудуқлардаги инклинометрик кузатувларни ва қумни суффозион жараёнлари устидан кузатувни ўтказиш ишлари тавсия этилган (3-расм).





**3-расм. Пастки қияликдаги зоналар ва ёриқлар.**

Учинчи параграф Чорвоқ ГЭС тўғонидан 3,5 км масофада жойлашган «Чорвоқ сув омборида Мингчуқур кўчиси шаклланиши ва ривожининг ўзига хослиги» келтирилган (4-расм).



**4-расм. Мингчуқур майдонинг жойлашув ўрни.**

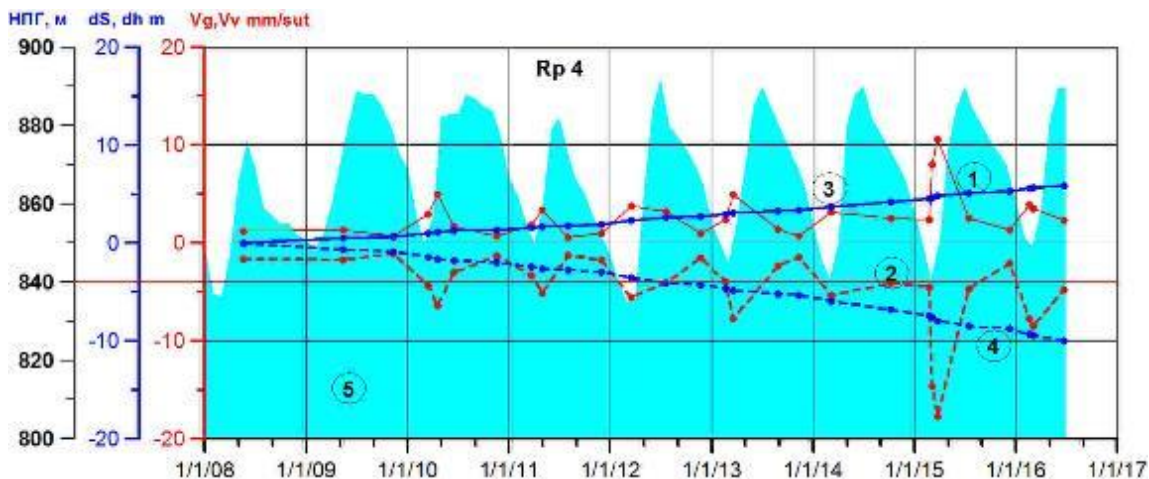
Кўчки зонаси шаклланишига доир маълумотлар унинг қадимийлигидан (Q<sub>III</sub>), лекин ривожланишда давом этаётганлигидан далолат беради (5-расм).



**5-расм. Мингчуқур кўчки майдонинг чизмаси.**

Мингчукур кўчки майдони кўп поғонали ҳисобланиб, кўчки қиялигининг 15-18<sup>0</sup> умумий нишабликда жойлашган, узунлиги 700 м, бузилиш юзаси 200 м, дрейфловчи (чўкаётган) масса чуқурлиги 30 м, унинг максимал кенглиги 1100 м, майдони 770 минг м<sup>2</sup>, умумий хажми – 50 млн.м<sup>3</sup>.

Кўчкини ривожланиш динамикаси (вақт омили) 1979-1986 йилларда юза реперлари билан (жами 23 репер) ўрганилган (6-расм).



6-расм. 1979-1986 йилларда вақт омили маълумотлари ва ўзгариши жадвали.

2009-2011 йилларда геодезик кузатувлар 9 реперлар бўйича давом эттирилиб, 7 дан 10 тагача цикл ўлчовлари амалга оширилган (2-жадвал).

2-жадвал

Мингчукур кўчкиси бўйича геодезик кузатув маълумотлари (2009-2011 йй.)

Сана	Юқори қисм Rp 70, скв. 10, т-2		Ўрта қисм скв. 8		Пастки қисм к-13, 14, скв.6		Узилиш деворидан баланд т-4, скв.12	
	Сгор, см	Н, см	Сгор, см	Н, см	Сгор, см	Н, см	Сгор, см	Н, см
2009	32,4-50,6	17,4-21,5	33,1	-14,1	21,8-39,5	-4,7	60,4	-81,2
2010	10,4-94,7	-11,8-32,3	16,8	-35,4	18,2-105	-118-30,4	21,2-13,6	-28,2-114,4
2011	50,9-56,3	-23,4-26,5	61,0	-26,0	65,1-85,7	9,9-26,1	53,0	-35-73,9
2009-2011	127,8-201,6	-35,8-89,4	170,9	-75,5	156,6-198,9	-26,4-56,1	38,9-190,1	78,6-290,4
1987-2011	7,45-17,4 м	-4,45-9,44 м	20,8 м	9,2 м	19,1-34,3 м	2,57-12,6 м	0,39-1,90 м	0,79-2,90 м

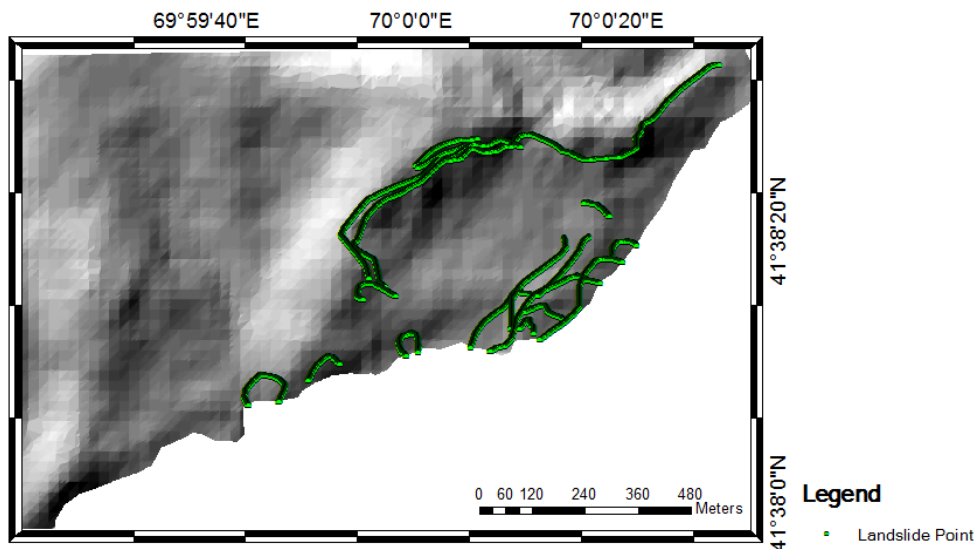
Якуний 4 боб «Кўчкилардан эрта огоҳлантиришда мониторинг технологиялари ва замонавий бошқарув тизими асосий вазифалари»га бағишланиб, 3 параграфдан иборат.

Биринчи параграфда «Кўчкиларни ўрганишининг жаҳон тажрибаси ва илғор амалиётлари» келтирилиб, бунда деформацион белги координаталарини сунъий йўлдош орқали аниқлаш ва ҳудуднинг 3D модели асосида лазерли сканер қилиш усуллари кўриб чиқилган. Тадқиқотлар кўчкилар ва уларнинг омиллари ўртасидаги ўзаро боғлиқликнинг интерактив таҳлили учун эҳтимоллик ёндашувини ишлаб чиқишга йўналтирилиб, ҳудудда экологик ва кўчки шароитлари аниқланиб, Мингчукур кўчкиси мисолида, ёндашувнинг афзаллиги ва келгуси тадқиқотларга йўналишлар белгиланган.

Иккинчи параграфда «Ётиқ зона»ларни тезкор ва самарали ўрганишда 3D сканер технологияларини кенг қўллаш»га эътибор қаратилган. Анъанавий текисликлардаги топографик чизмадан ташқари баландликлар белгиси билан рельефнинг юқори деталли рақамли модели (PPM) келтирилган. Бу бўлаётган жараённи тўлиқ кўриниши ва лойиҳалашни енгиллаштириб, яъни

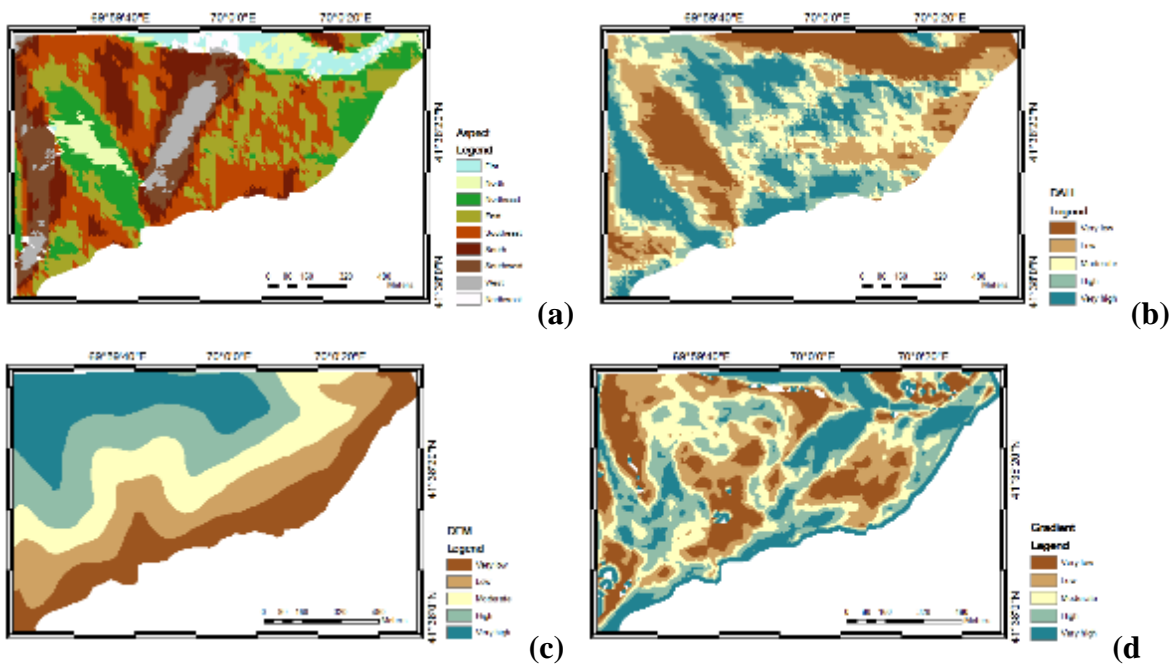
мутахассиснинг кўчки устида ёки хавфли зонада туришини олдин олиб, 3D лазер сканери ёрдамида юзани масофадан ўрганиш имконини беради.

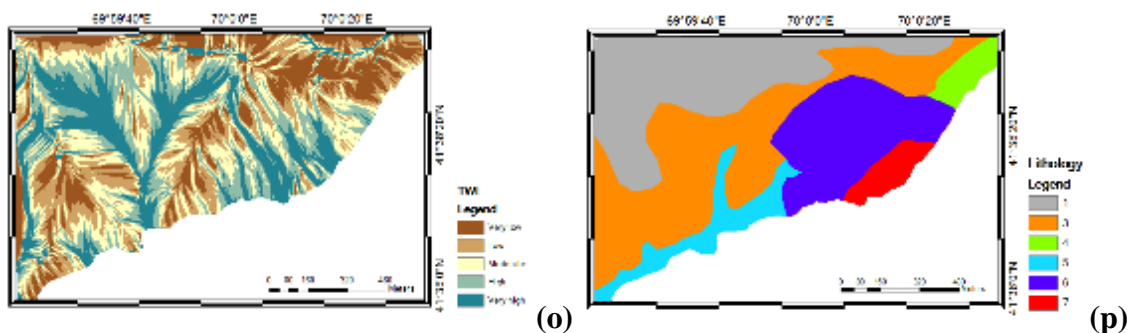
Учинчи параграф «Дастлабки маълумотларни тайёрлаш ва «триггер» факторларини солиштиришда частоталар нисбати моделидан фойдаланиш» усулига бағишланган. Бунда кўчкилар инвентаризацияси харитаси, уларга мойиллик омиллари ўртасидаги ўзаро боғлиқликни баҳолаш учун зарур. Ушбу харита 5520 та кўчки нуқталари асосида тузилиб, аэро-фотосурат ва ер усти сьёмка интерпретацияси йўли билан аниқланган (7-расм).



7-расм. Рельефнинг рақамли модели ва кўчкининг намён бўлиши.

Кўчки жараёнларини келтириб чиқарувчи омиллари кўриб чиқилиб, уларнинг вужудга келиши билан боғлиқ 16 омиллар кўриб чиқилди (8-расм).





**8-расм. Кўчки сабаб омилларининг фазовий базаси:**

*a – экспозиция; b – КАИ; c – РРМ; d – градиент; o – ТНМ; p – геология.*

Топографик ва гидрологик омиллар ГИС SAGA рельеф модули таҳлилидан фойдаланган ҳолда, баландлик матрицасидан курилиб, геологик омиллар эса геологик хариталардан олинган ва 3-жадвалда тақдим этилган.

**3-жадвал**

**Кўчки бўйича асосий ўрганилган факторлар**

Тоифа	Омиллар	Маълумотлар тури	Масштаб	Манбаа
Топографик омиллар	Экспозиция	Сетка	1: 1 000	Географик ахборотлар миллий институти
	Рельефнинг рақамли модели (РРМ)			
	Кундалик анизотроп исиш (КАИ)			
	Градиент			
	Пастга тушувчи қияликнинг локал кинғирлиги			
	Кўтарилишнинг локал кинғирлиги			
	Қияликнинг ўртача жойлашуви (КЎЖ)			
	Нишаблик			
	Майдон юзаси			
	Водий чуқурлиги			
Шамол таъсири				
Гидрологик омиллар	Сув йиғилиш райони	Сетка	1: 1 000	Географик ахборотлар миллий институти
	Оқим узунлиги			
	Рельефнинг эрозияли потенциали (LS)			
	Намликнинг топографик индекси (НАИ)			
Геология	Литология	Полигон	1:25 000	

Мазкур тадқиқотда топографик омил ва ушбу ҳудудда кўчки юзага келиши ўртасида корреляция қанчалик самарали эканлигини аниқлаш учун частота коэффиценти модели қўлланилган.  $R^2$  детерминация коэффиценти статистик кўрсаткич бўлиб, мустақил ўзгарувчанлик билан изоҳланадиган тобе ўзгарувчанлик учун дисперсия улушидан иборат (Квалсез, 1985).  $R^2$  – моделни қўллаш самарадорлиги статистикаси (Камерон ва Уиндмейер, 1997).

Кўчкини келтириб чиқарадиган омиллар учун топографик хусусиятларни баҳолаш амалга оширилган. Модел учун 0,4 ўлчамдаги охири чегара кўрсаткичи билан  $R^2$  ҳисоблаш орқали мувофиқлик самарадорлиги баҳоланган (Чжу ва Нуанг 2006; Домингес-Куэста ва б. 2010).

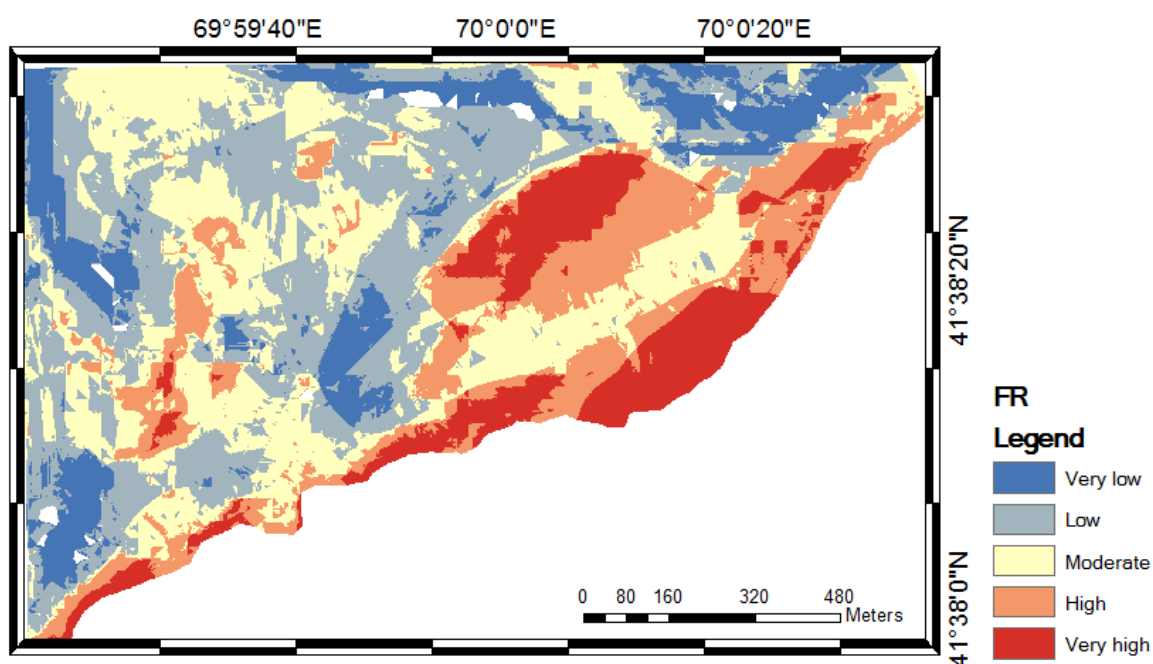
Регрессив чизиқли моделдан фойдаланиб,  $R^2$  частота коэффиценти 4-жадвалга мувофиқ ҳисобланган.



Факторлар бўйича R<sup>2</sup> кўрсаткичи

Омил		R <sup>2</sup>
Топография	Рельефнинг рақамли модели	0.405
	Кундалик анизотроп исиш	0.496
	Градиент	0.402
	Қияликнинг ўртача жойлашуви	0.821
	Нишаблик	0.256
	Майдон юзаси	0.262
	Водий чуқурлиги	0.209
	Шамол таъсири	0.944
Гидрология	Сув йиғилиш майдони	0.067
	Оқим узунлиги	0.214
	Рельефнинг эрозияли потенциали	0.866
	Намликнинг топографик индекси	0.004

Диссертацияда кўчкларга мойилликни хариталаш тавсия этилган. Бу тадқиқ қилинаётган худуд учун кўчкларга мойиллик индексларини таснифлаш ва ҳисоблаш йўли билан ишлаб чиқилган (9-расм). Мазкур индекс жойни кўчки ҳодисаларига мойиллиги даражасини кўрсатади.



9-расм. Частоталар нисбати модели ёрдамида кўчкларга мойиллиги харитаси.

Аниқликни баҳолаш натижалари асосида модель 0,833 AUC қийматига эга бўлиб, бу Мингчукурда кўчки частотаси коэффиценти аниқлиги **82 %** ни ташкил этишини билдиради. Модель ёрдамида кўчклар хавфи таҳлилинини прогнозлаш, боғлиқ омилларни аниқлаш имкониятлари кенг очилмоқда.

Тўртинчи параграфда «Кўчклардан эрта огоҳлантиришида илгор воситалар ва кузатув асбобларидан фойдаланган ҳолда геологик хавфларни мониторинги ва бошқаришнинг мувофаққиятли амалиётлари адаптацияси» келтирилган. Хусусан, Япония билан ўзаро лойиҳа доирасидаги юза ва чуқурликни ўлчаш учун экстензометр, инклинометр каби юқори аниқликдаги асбоблар ишлатилгани келтирилган. Мисол учун, инклинометр

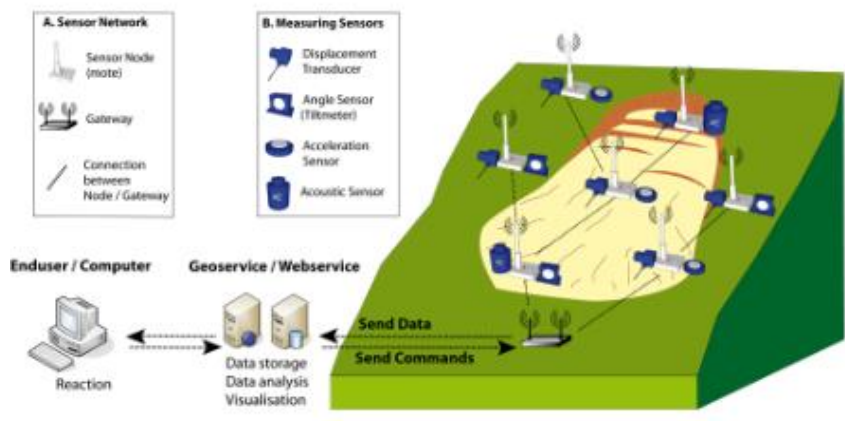


ёрдамида силжиш зонаси ҳолатидан ташқари, чуқурликдаги проекцияси ҳақида маълумот олинган бўлиб, аниқлиги  $\pm 0,01$  мм ни ташкил этган.

Шу билан бир қаторда, кўчкини узилиш девори ва кўчки массивининг ёриқлари юзасини ўлчашга мўлжалланган экстензометрлар ҳам самарали қўлланилгани келтирилган. Ушбу асбоблар кўчки майдонидаги силжишни текшириш, ўз вақтида маълумотлар олиш ва майдонни жорий ҳолатидаги автоматик график ўзгаришларни тузиш, шунингдек нафақат кўчкида, балки қияликдаги ҳолат ҳақида интервенцион қарор қабул қилиш имконини беради.

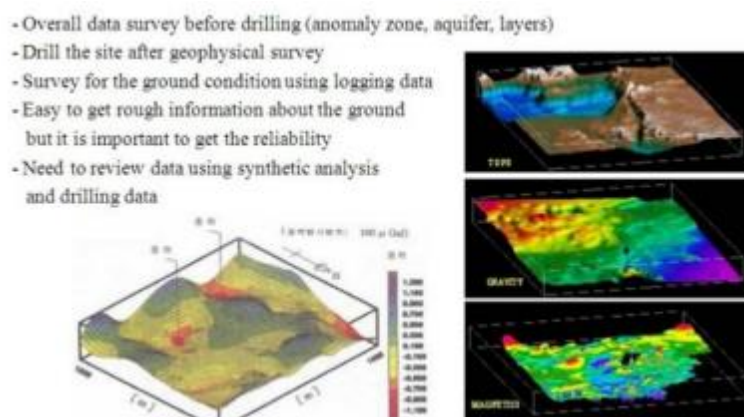
Текстильшиқ тажриба майдонида 5 та экстензометрлар ўрнатилгани ва 3 та инклинометрик қудуқ бурғилангани маълумотлари берилган.

Бешинчи параграф «Иқтисод объектлари ва аҳолига хавфни пасайтириш мақсадлари учун замонавий бошқарув тизимини жорий этиш жиҳатларини ва уларни самарали амалга ошириш бўйича тавсиялар»ни қамраб олади. Мисол учун, геохавфларни бошқаришнинг самарали тизимини ташкил этиш, ХГЖ майдонларида дронлар ёрдамида дала тадқиқотларини олиб бориш, Digital Twin уч каррали моделлаш интеграциясини ташкил этиш имконини беради. Бундай маълумотлар базаси ҳозирги ва ўтмишдаги геологик офатларни солиштириш орқали геологик хавфни башоратлаш моделини яратишга асос бўлади. Хабардор қилиш тизими эса реал вақт режимида маҳаллий аҳолини фавқулудда эвакуация қилишга ёрдам беради (10-расм).



10-расм. Масофавий сенсорларни қўллаш методикаси.

Бундан ташқари, хавфни бартараф этувчи қуйидаги замонавий усуллар, дастурий таъминот ва ускуналар қайд этилган (11, 12, 13 - расмлар).



11-расм. Кўчки массаси параметрларини 3D компьютер моделлаштириш.



12-расм. Нишаблик турғунлигини мустаҳкамлаш учун «решоткасиз услуб».

13-расм. Габионли (уяли) тиргак девор.



## ХУЛОСА

1. Тадқиқотлар Корея геология фанлари ва минерал ресурслар институти (KIGAM) ҳамда Давлат геология қўмитасининг фундаментал тадқиқот лойиҳалари доирасида амалга оширилган бўлиб, ишда Текстильшик ва Мингчукур каби йирик кўчкилар ва уларнинг сабаб омиллари ўртасида фазовий муносабатларни ўрганиш учун эҳтимоллик ёндашувидан фойдаланилган. Ёндашув рақамли маълумотлар базаларига асосланиб, эҳтимоллик, фазовий структура таҳлили ва интерактив хариталашни ўз ичига олган усуллардан иборат.

Ҳозирги рақамли тараққиёт даврида табиий офатларни, хусусан йирик кўчкиларни вужудга келиши ва фаоллашувини таҳлил қилишда, геология фанининг замонавий ютуқларидан кенг фойдаланиш, янги технологияларни, шу жумладан Ерни масофадан зондлаш, ГИС технологиялари ва кўчки жараёнларини моделлаштириш каби замонавий усул ва асбоб-ускуналарни кенг қўллаш, хафвли геологик жараёнларни кузатиш давлат хизматининг илмий-амалий фаолиятини янада такомиллаштиришга имкон беради.

2. Кўчки ва уларни келтириб чиқарувчи омилларнинг ўзаро боғлиқлиги, унга мойилликни баҳолашга қаратилган частоталар нисбати асосидаги эҳтимоллик модели ёрдамида таҳлил қилинди. Жами 16 та факторлар топография, гидрология ва геологик омиллар асосида ўрганилди. Барча факторлар тоифа ва сонли омилларга таснифланган бўлиб, тоифа омили сифатида экспозиция, локал нишаблик, паст қиялиги, локал кўтарилиш

нишаблиги ва литология олинган ҳамда қолганлари сонли коэффициент сифатида таснифланган. Частоталар коэффициенти кўрсаткичи асосида кўчки, топография, гидрологик омиллар ўртасидаги ўзаро боғлиқликни ушбу частота қийматининг тенденция чизиғига мувофиқ таҳлил қилиш мумкин.

Ҳар бир фактор учун частота коэффициенти қийматининг аҳамияти шундан иборатки, бунда муайян омилларнинг кўчкиларга мойиллигини таҳлил қилишда қанчалик самарали эканини аниқлаш учун баҳоланади. Муайян кўчкига мойиллик омилнинг самарасини ўлчаш учун  $R^2$  детерминация коэффициентида фойдаланилган.

$R^2$  – моделни тўғри танланганини берувчи статистика ҳисобланиб, 6 та узлуксиз коэффициентлар таҳлили асосида  $R^2$  қиймати 0,4 дан юқори бўлса, мутаносиблик юқори ҳисобланади. Бу омиллар РРМ (рельефнинг рақамли модели), КАИ (кундалик анизотроп исиш – таъсирларга нисбатан турли физик хусусиятлар), градиент (маълум қийматнинг энг катта ўсиш вектори), ЎНХ (ўртача нишаблик ҳолати) ва LS коэффициенти (нишаб тиккалиги) қамраб олган. Нишаблик бурчаги, юза майдони, водий чуқурлиги, сув йиғиш майдони, оқим йўли узунлиги ва намлик топографик индекси каби омилларнинг қиймати эса  $R^2$  0,4 дан паст бўлиб, кўчки юзага келишида кучсиз корреляцияни кўрсатади.

**3.** Кўчки намоёнлари ва уларнинг сабаб омиллари бўйича маълумотлар базасининг ГИС топографик хусусиятлари билан интеграциялашуви амалга оширилган. Бу нафақат мавжуд маълумотлар базасидан тўлиқ фойдаланиш ва элементар манбааларини йиғиш имконини, балки келгусида кўчкилар ва топографик хусусиятлар ўртасидаги ўзаро боғлиқликни рақамли ва микдорий жиҳатдан таҳлил қилиш учун асос бўлиб хизмат қиладиган ягона маълумотлар базасини яратади.

Бунда частота коэффициенти таҳлил қилишга асосланган эҳтимоллик модели, нафақат кўчкиларнинг умумий хусусиятлари ва атроф-муҳитни ўрганишда, балки бундай муносабатларнинг фазовий ўзгаришини аниқлашда ҳам фойдаланилиши мумкин. Бу кўчкиларни минтақавий даражада башорат қилиш имконини бериб, тадқиқотларда ёғингарчилик интенсивлиги кўчкиларни юзага келишига бевосита таъсир қилишини кўрсатмоқда. Нишаб градиенти ва абсолют баландлик ҳам кўчкилар тарқалишига мойиллик кўрсатиб, кўчкилар ва топография ўртасида ўзаро боғлиқликнинг регионал ўрганиш асоси ҳисобланади ҳамда фаол кўчкиларда қўллаш учун тавсия этилади.

**4.** Частота коэффициенти FR методи (кўчки жойини омиллар билан корреляцияси, олдинги ва келгуси кўчкилар билан мутаносиблиги) кўчки таъсирчанлиги тасвирини таҳлил қилиш учун кўп афзалликларга эга бўлиб, уларнинг умумий хусусиятларини, атроф-муҳит омиллари билан ўзаро боғлиқлигини ўрганиш ва бундай муносабатлардаги фазовий ўзгаришларни аниқлашда ҳам самарали фойдаланилиши мумкин. FR модели тушуниш ва интерпретация қилиш учун содда модель ҳисобланиб, бу ёндашув кўчкиларга мойилликни хариталаш ва моделлашда самарали танлов деб эътироф этилади ҳамда лойиҳачи ва муҳандислар учун фойдали услуб ҳисобланади. Кўчкиларга мойиллик хариталари муҳандисларга

ишланмаларини татбиқ қилиш учун мос ҳудудларни танлашда амалий ёрдам бериб, таҳлил натижалари ердан фойдаланишни режалаштириш ва нишабликларни бошқаришда дастлабки маълумот сифатида кенг фойдаланиш имконини беради. Шунингдек, улардан республиканинг тоғ ва тоғолди ҳудудларида юзага келган кўчки зоналарида фойдаланиш учун тавсия этилади.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА  
DSc.03/05.06.2020.Т.03.06 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ  
ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ  
УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**ИНСТИТУТ ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ**

**КАДИРХОДЖАЕВ АЪЗАМ АЛИШЕРОВИЧ**

**СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
И ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА  
ДЛЯ РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОПОЛЗНЕЙ**

**04.00.04 - Гидрогеология и инженерная геология**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент – 2020**



Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером №В2020.2.PhD/GM17.

Диссертационная работа выполнена в Институте гидрогеологии и инженерной геологии.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) и на Информационно-образовательном портале «Ziynet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Научный руководитель:** **Бакиев Саиднасим Алимович**  
доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник

**Официальные оппоненты:** **Иргашев Юлдашбай**  
доктор геолого-минералогических наук, профессор

**Минченко Вячеслав Дмитриевич**  
кандидат геолого-минералогических наук

**Ведущая организация:** Институт сейсмологии


Защита диссертации состоится «17» декабря 2020 года в «11:00» часов на заседании разового научного совета при научном совете DSc.03/05.06.2020.T.03.06 при Ташкентском государственном техническом университете по адресу: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (+99871) 246-46-00, факс: (+99871) 227-10-32; e-mail: [tadqiqotchi@tdtu.uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz).


С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрирована за №187). Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (+99871) 246-46-00.

Автореферат диссертации разослан «05» декабря 2020 года.  
(реестр протокола рассылки №1 от «05» декабря 2020 года).



  
**Рахимов А.А.**  
Председатель Научного совета  
по присуждению ученых степеней, д.т.н.

  
**Каримов Ш.А.**  
ученый секретарь Научного совета  
по присуждению ученых степеней  
доктор философии (PhD) по т.н.

  
**Хабибуллаев И.**  
Председатель научного семинара при Научном  
совете по присуждению ученых степеней,  
д.т.н., профессор

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мировой практике придается особое внимание постоянному наблюдению опасных геологических процессов, распространенных в горных и предгорных районах, так как данные стихийные бедствия характеризуются широким спектром экономических и социальных потерь для общества. Это подтверждают данные Управления ООН по снижению риска бедствий, в котором говорится, что с 1998 по 2017 год финансовые потери мирового рынка в результате стихийных бедствий увеличились на 251%. В связи с этим в странах с передовыми методами и опытом, как Япония, США, Италия, Корея и Индия принимается ряд мер для выявления геологических опасностей и управления ими. Принятые меры будут обеспечивать безопасность населенных пунктов и производственных объектов в районах распространения опасных геологических процессов (оползней).

В настоящее время в развитых странах мира проводятся множество исследований, направленных на выявление опасных геологических процессов на ранних стадиях и совершенствование системы управления ими, в частности уделяется особое внимание выявлению механизмов их развития, внедрению эффективного управления, мониторингу с применением передовых технологий и оценке тенденций потенциальных рисков. В данном аспекте в ходе третьей всемирной конференции в 2015 году, принято Сендайская рамочная программы по снижению риска бедствий. Результаты этих исследований позволят реализовать мероприятия по прогнозу георисков и уменьшить ущерб от них.

В республике принимается ряд мер по мониторингу оползневых процессов, в том числе организованы 7 станций постоянного мониторинга в горных и предгорных районах, которые покрывают 21,3% территории страны, где 40% подвержены активным экзогенным процессам (оползни). В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определено, что для ускорения социально-экономического развития, повышения уровня жизни и доходов населения, необходимо обеспечение комплексного и эффективного использования природных и минеральных ресурсов каждого региона»<sup>1</sup>. В данном аспекте приобретает актуальность проведение научных исследований в области современных систем управления и технологий мониторинга для раннего предупреждения оползней.

Данное диссертационное исследование в определенной степени выполняет задачи, предусмотренные указом Президента Республики Узбекистан от 07.02.2017 г. № УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», постановлением Президента Республики Узбекистан от 01.03.2018 г. № ПП-3578 «О мерах по коренному совершенствованию деятельности Государственного комитета по геологии и минеральным ресурсам», а также постановлением Кабинета Министров от 13.11.2017 г. № 909 «О совершенствовании деятельности Государственной службы по слежению за опасными геологическими процессами» и другими нормативно-правовыми актами, принятыми в сфере.

<sup>1</sup>Указ Президента Республики Узбекистан от 07.02.2017 г. № УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

**Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологии: VIII - «Науки о Земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка мин.сырья)».

**Степень изученности проблемы.** Изучением вопросов стихийных бедствий, в частности, их формированием, развитием и рисками оползней занимались и продолжают исследования многие ученые и инженеры-геологи зарубежных стран: Д.Киффер, К.Сасса, П.Канутти, Т.Трофимова, Г.Тер-Степанян, А.Рагозин, А.Шеко, В.Круподёров, В.Осипов, Саро Ли, Х.Нефесоглу, Б.Сан, Р.Баум, Д.Годт и другие. В Узбекистане проблему изучали: Г.А.Мавлянов, Р.А.Ниязов, В.П.Ким, М.М.Мирасланов, Ш.Х.Абдуллаев, В.Д.Минченко, Б.И.Туляганов и другие.

Вместе с тем, современная система управления и технологии мониторинга, ввиду значительного развития в последнее время передовых подходов, связанных с ростом ИКТ, требует дальнейшего таргетирования точечных исследований и выработки решений по применению успешной мировой практики и их адаптации к условиям регионов.

Данная работа базируется на результатах комплексного системного подхода, учитывающего применение современной системы управления и технологий мониторинга для раннего предупреждения оползней, и представляет системное исследование указанных инженерных проблем, включая обширный информационный анализ и картографический материал.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.** Исследование выполнено в рамках плана прикладных научно-исследовательских проектов Государственной службы слежения за опасными геологическими процессами (ГСС) и Института гидрогеологии инженерной геологии (ГИДРОИНГЕО) по темам «Составление карт районирования горных и предгорных территорий республики по степени оползневой опасности в масштабе 1:25000» (2013-2016 гг.) и «Ведение государственного кадастра зон повышенной природной опасности республики (2015-2018 гг.).

**Целью исследований** является совершенствование системы управления в пределах территорий, подверженных опасным геологическим процессам, с помощью современных технологий мониторинга и методов исследований.

**Задачи исследований:**

анализ мирового опыта и критериев оценки оползневого риска с применением инновационных научно-технических достижений;

внедрение подхода анализа вероятности для интерактивного и научного обоснования взаимосвязей между оползнями и их причинными факторами, а также оценки их степени взаимосвязи;

анализ вероятностей катастрофических проявлений крупных оползней для принятия решений и осуществления контрмероприятий по защите населенных пунктов и других объектов от их воздействия;

совершенствование технологий мониторинга для раннего предупреждения оползней, оповещение заинтересованных сторон об их возможных катастрофических проявлениях и последствиях;



выдача рекомендаций по рациональному использованию территорий в зонах активного развития ОГП на основе анализа передового зарубежного опыта и успешных проектов.

**Объектами исследований** являются крупные оползни в верховье р.Чирчик в Ташкентской области.

**Предметом исследований** выбраны условия образования, развития и особенности характерных оползневых объектов в верховье р.Чирчик.

**Методы исследования.** Задачи решены путем использования комплекса методов, включающий научный анализ материалов и зарубежного опыта, инженерно-геологических исследований, наземной 3D скансистемы, ретроспективного сравнительного анализа, математической статистики, изучения космо- и фотоснимков, обработки результатов в ГИС и картографирование.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

обоснован научный подход анализа вероятностей для интерактивного анализа взаимосвязей между оползнями и их причинными факторами;

усовершенствованы и подробно описаны принципы и методы анализа опасных геологических процессов;

обоснована объектно-ориентированная концептуальная модель для описания крупных оползневых проявлений;

создана объединенная база данных отдельных оползней и факторов природной среды с объединением данных в единую концептуальную основу.

**Практические результаты исследований** заключаются в следующем:

составление карты подверженности к оползням, на основе обуславливающего фактора и точек возникновения оползней с использованием модели соотношения частот, где проанализировано 16 факторов на основе топографии, гидрологии/гидрогеологии и геологии;

осуществление интеграции базы данных по оползневым инцидентам с обуславливающими факторами, такими как база данных топографических свойств в ГИС, что является основой для цифрового и количественного анализа взаимосвязи между оползнями и топографическими свойствами.

**Достоверность результатов исследований** обосновывается глубоким анализом взаимосвязей между оползнями и их причинными факторами, где разработанная вероятностная модель соотношения частот и данные о возникновении оползней позволяют выполнить интерактивную пространственную оценку взаимосвязей между оползнями и их факторами. В частности, 82 % точность модели коэффициента частот объясняется ее подтверждением в процессе полевых наблюдений.

**Научная и практическая значимость результатов исследований.**

Научная значимость состоит в анализе и продвижении современных систем управления и технологий мониторинга с учетом мировой практики, рекомендаций и решений, включая анализ вероятностей, пространственных структур и интерактивное картирование. Методология, включающая данные технологии и системы управления, послужит основой для будущих научных исследований по эффективному анализу интерактивных взаимосвязей между оползнями и факторами, вызывающими их возникновение.

Практическая значимость результатов исследований позволяет

применять комплексные методы, научный анализ материалов и зарубежного опыта, инженерно-геологических исследований, 3D сканирующей системы, ретроспективный анализ, изучение космо- и фотоснимков, обработка в ГИС и картографирование на оползневых территориях для мониторинга опасных геологических процессов и инженерно-геологических изысканий.

**Внедрение результатов исследований.** На основе полученных научных результатов по современным системам управления и технологиям раннего предупреждения оползней:

методика соотношения частот внедрена в процесс инженерно-геологических изысканий ГУ «Государственная служба слежения за ОГП» (справка Госкомгеологии от 27 августа 2020 г. № 04/08). Результаты позволили оценить риски возникновения крупных оползней;

модель вероятности по методике соотношения частот внедрена в объекты мониторинга ГУ «Государственная служба слежения за ОГП» (справка Госкомгеологии от 27 августа 2020 г. № 04/08). Результаты позволили установить интерактивную связь между оползнями и причинными факторами;

усовершенствованная методика картирования участков возможных оползней внедрены в деятельность ГУ «Государственная служба слежения за ОГП» (справка Госкомгеологии от 27 августа 2020 г. № 04/08). Результаты послужили основой для эффективного выделения зон, наиболее вероятно возникновения оползней в горных территориях Бостанлыкского района;

инструменты соотношения частот при обнаружении оползней использованы в процессе исследований Корейского института геонаук и минеральных ресурсов при анализе данных инженерно-геологических работ (справка КИГАМ от 20 июля 2020 г. № 314-82-02238). Результаты позволили провести надежный и качественный анализ пространственной взаимосвязи между крупными оползнями и факторами, влияющими на них, интерактивное картирование и эффективное разделение зон потенциальных оползней.

**Апробация результатов исследований.** Результаты обсуждены на 5 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследований.** По теме диссертации опубликованы 10 научных работ, из которых 8 статей в рекомендованных Высшей аттестационной комиссией для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, в т.ч. 6 статей в республиканских и 2 статьи в зарубежных журналах, имеющих импакт-фактор.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованной литературы и интернет-данных. Объем диссертации составляет 110 страниц текста.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обосновывается актуальность исследований, цель, задачи, характеризуются объект и предмет, показано соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты, раскрываются их научная и практическая значимость, внедрение в практику инженерно-геологических работ, сведения по опубликованным статьям и структуре диссертации.

Первая глава **«История и современное состояние инженерно-геологических исследований опасных геологических процессов в Узбекистане»** состоит из 3-х параграфов.

Первый параграф посвящен *«Истории инженерно-геологических исследований в Центральной Азии»* с обзором инженерно-геологических, гидрогеологических исследований и их последовательное развитие в регионе.

Во втором параграфе освещены *«Нормативно-правовые основы создания и деятельности оползневой службы Узбекистана»*, согласно постановлению Кабинета Министров от 08.04.1994 г. № 194, которым Госслужбе придан государственный статус, все ее предписания стали иметь юридическую силу, а специалисты стали государственными инспекторами.

Третий параграф посвящен *«Анализу международной практики и обзору мониторинга за ОГП в зарубежных странах»*, как в Западной Европы, Юго-Восточной Азии, Северной Америки и СНГ, где действуют национальные (федеральные) службы наблюдения за всеми компонентами окружающей среды, в т.ч. за ОГП, приведен анализ и опыт эффективных наблюдений за георисками в рамках научных и прикладных проектов.

Во второй главе приведены **«Директивные принципы и методы инженерно-геологического изучения ОГП»**, состоит из 4 параграфов.

В первом параграфе **«Современные требования и тенденции развития в сфере изучения оползней»** анализируется, что в связи с интенсивным освоением территорий, все большее значение приобретают вопросы широкого внедрения современных методов и инструментов ИКТ в процесс мониторинга.

Второй параграф посвящен *«Основным задачам инженерно-геологических исследований при изучении оползней в условиях современных требований»*. Увеличение масштабов, интенсивность и ежегодное повторение оползней создают постоянную угрозу для населения и объектам экономики, что сопровождается возникновением ЧС и материальным ущербом.

Анализ взаимосвязи между оползнями и факторами, вызывающими оползни, не только дает представление о механизмах их возникновения, но также служит основой для прогноза будущих оползней и оценки их опасности. Эти подходы включают соотношение частот, логистическую регрессию, алгоритм решений и вычисление опорных векторов.

Третий параграф посвящен *«Выбору характерных оползневых объектов в Чаткало-Кураминской зоне»*, в частности оползням Текстильщик и Мингчукур, где проведены детальные исследования по выявлению основных факторов их формирования. В работе с учетом анализа мировой практики описаны принципы и методы анализа, преимущества и недостатки подхода, а также направления для дальнейших исследований.

Четвертый параграф посвящен *«Геологическим, гидрогеологическим и инженерно-геологическим характеристикам района исследований»*.

В третьей главе с 3-мя параграфами рассмотрены **«Особенности инженерно-геологических условий крупных оползневых участков»**.

Первый параграф посвящен *«Природным условиям района исследований и таргетированию основных характерных аспектов»*, где изложены геоморфологическая характеристика, геолого-тектоническое строение района.

Дана гидрогеологическая характеристика, инженерно-геологический состав и свойства слагающих пород. Приведены метеорологические параметры и особенности формирования и развития ОГП.

Во втором параграфе приведены сведения о «Природе образования и развития крупного оползня Текстильщик», выделены верхняя генерация, нижняя и язык оползня (рис.1). Стенка срыва верхней генерации (абс. отм. 1108-1018 м) приурочена к уступу Сиджакской террасы, а оползневая западина и нижняя ступень к поверхности этой террасы (1020-900 м). Ниша отрыва нижней генерации приурочена к уступу Кызылсуйской террасы, а язык оползня на поверхность Хумсанской террасы (850-790м) (рис.2).

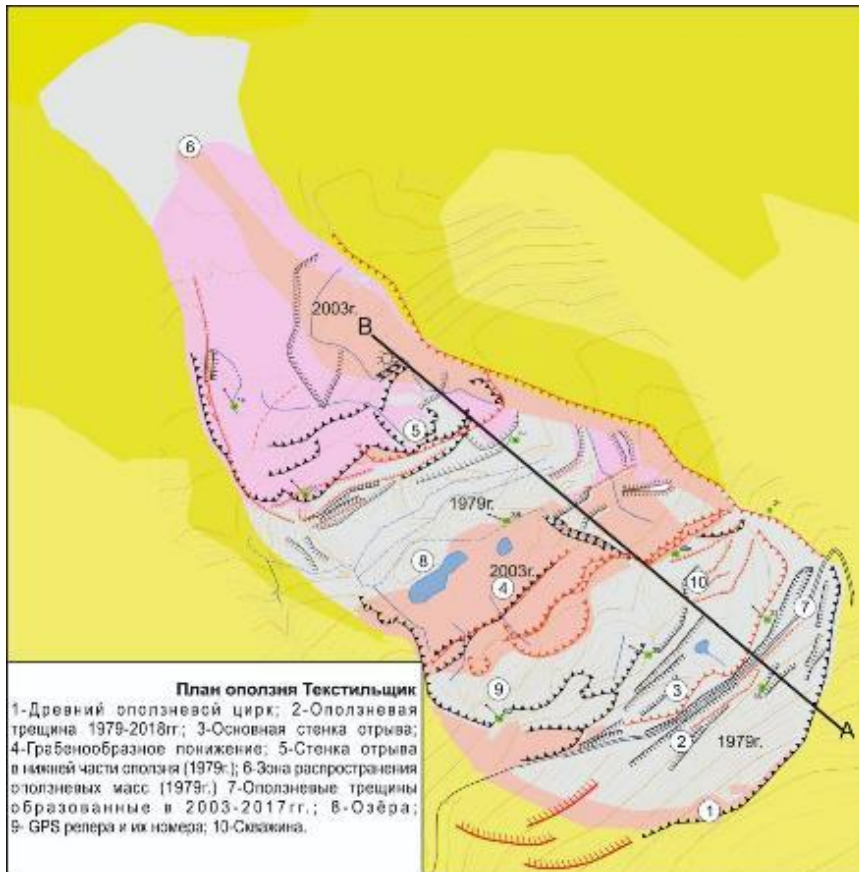


Рис. 1. План оползня Текстильщик.

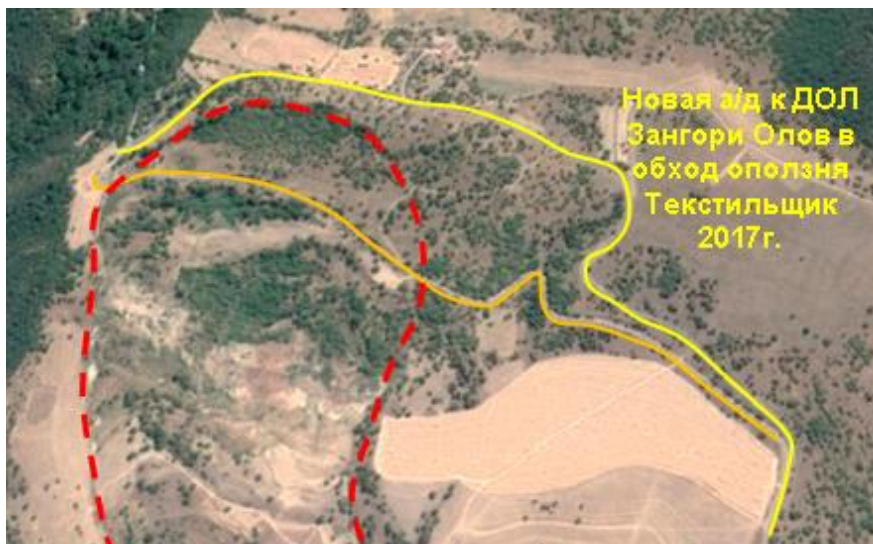


Рис. 2. Космоплан участка Текстильщик.

Подробно изложены стратиграфо-литологические, петрографические особенности и физико-механические свойства пород, слагающих оползневой участок. Наибольшая мощность суглинков отмечена в верхней части участка с мощностью в пределах 20-30 м.

Приведены результаты гидрогеологических исследований и состояние слагающих пород за 1954-2017 гг., как временной фактор (табл.1).

Таблица 1

Каталог развития оползня на участке Текстильщик

Год проявления	Вид проявления	Объем
1954	Оползень	22,5 млн. м <sup>3</sup>
1979	Оползень	6,5 млн. м <sup>3</sup>
1980	Оползень	22,0 м <sup>3</sup>
1987	Оползень	6,8 тыс. м <sup>3</sup>
2003	Оползень	9,0 тыс. м <sup>3</sup>
2005	Серия трещин	Длина до 600 м
2017	Трещины	Длина до 60 м

В дальнейшем рекомендуется продолжить мониторинг GPS-измерениями, замерами расходов родников, УГВ, а также провести инклинометрию в скважинах и за суффозионным выносом песка (рис.3).



Рис. 3. Зоны и трещины на нижнем откосе.

Третий параграф посвящен «Особенностям формирования и развития оползня Мингчукур на Чарвакском водохранилище» (рис.4).

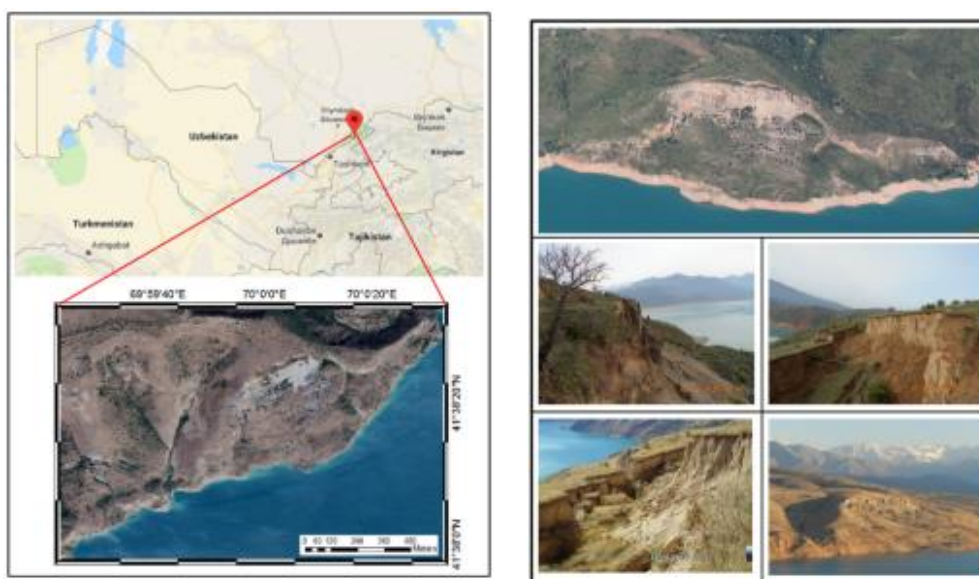


Рис. 4. Местоположение участка Мингчукур.



Данные, относящиеся к формированию оползневой зоны, указывают на то, что она древняя (Q<sub>III</sub>), но продолжает развиваться (рис.5).

Оползневой участок Мингчукур является многоступенчатым, с общим уклоном 15-18°, общая длина – 700 м, длина поверхности разрушения – 200 м, глубина дрейфующей массы – 30 м с максимальной шириной массы – 1100 м, площадь – 770 тыс.м<sup>2</sup>. Общий объём составляет 50 млн.м<sup>3</sup>.



Рис. 5. План оползневого участка Мингчукур.

Изучение динамики развития оползня (временной фактор) проводилось с 1979 по 1986 г. поверхностными реперами, всего 23 репера (рис.б).

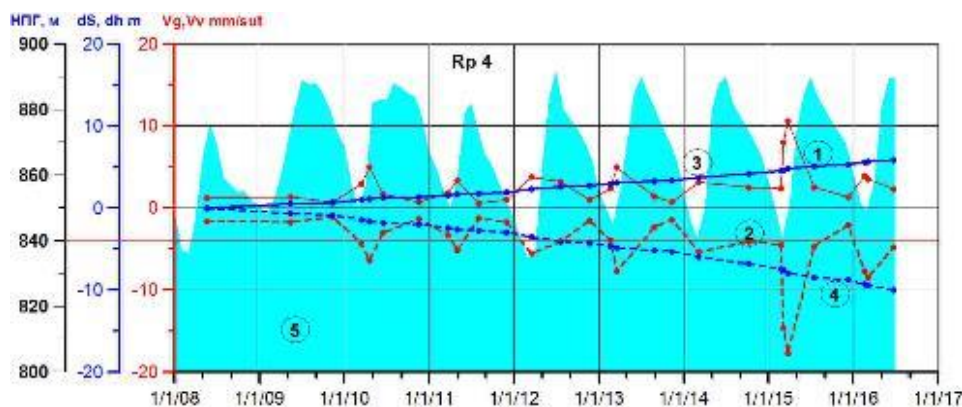


Рис. 6. График изменения и данные временного фактора в период 1979-1986 гг.

В 2009-2011 гг. геодезические наблюдения продолжились по 9 реперам, выполнено от 7 до 10 циклов (табл.2).

Таблица 2

Сведения о геодезических наблюдениях по оползнию Мингчукур (2009-2011 гг.)

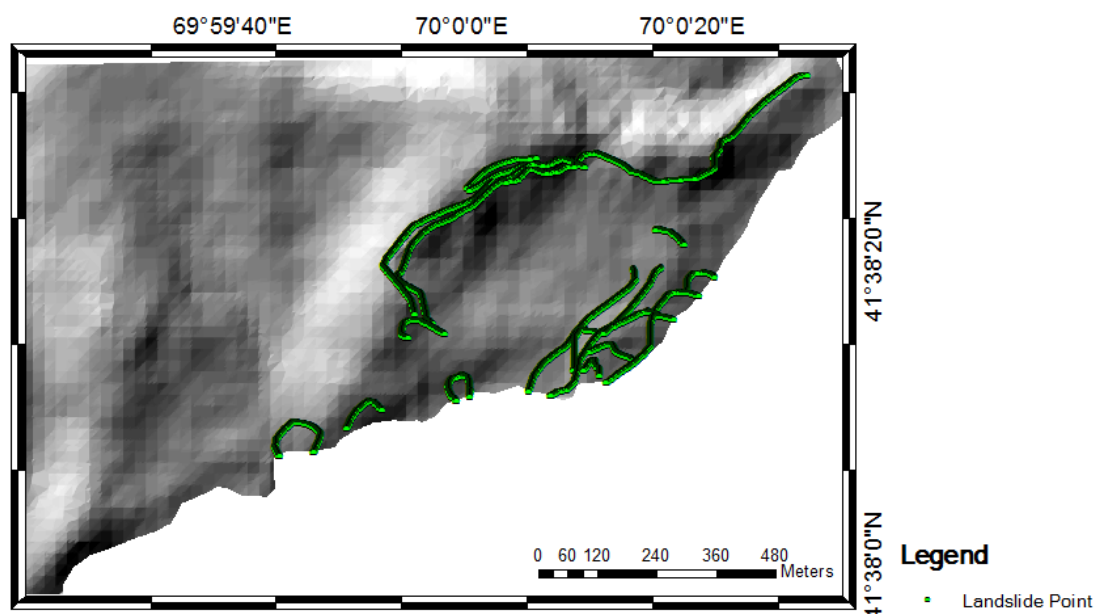
Дата	Верхняя часть Rp 70, скв. 10, т-2		Средняя часть скв. 8		Нижняя часть к-13, 14, скв.6		Выше стенки срыва т-4, скв.12	
	Sгор.см	h. см	Sгор. см	h. см	Sгор. см	h. см	Sгор. см	h. см
2009	32,4-50,6	17,4-21,5	33,1	-14,1	21,8-39,5	-4,7	60,4	-81,2
2010	10,4-94,7	-11,8-32,3	16,8	-35,4	18,2-105	-118-30,4	21,2-13,6	-28,2-114,4
2011	50,9-56,3	-23,4-26,5	61,0	-26,0	65,1-85,7	9,9-26,1	53,0	-35-73,9
2009-2011	127,8-201,6	-35,8-89,4	170,9	-75,5	156,6-198,9	-26,4-56,1	38,9-190,1	78,6-290,4
1987-2011	7,45-17,4 м	-4,45-9,44 м	20,8 м	9,2 м	19,1-34,3 м	2,57-12,6 м	0,39-1,90 м	0,79-2,90 м

Заключительная четвёртая глава посвящена **«Основным задачам современной системы управления и технологиям мониторинга для раннего предупреждения оползней»**, которая состоит из 3 параграфов.

Первый параграф *«Мировой опыт изучения оползней и наилучшая практика»*. Здесь рассмотрены спутниковое определение координат деформационных знаков и наземное лазерное сканирование с определением координат точек 3D модели местности. Исследования направлены на разработку подхода анализа вероятностей для интерактивного анализа взаимосвязей между оползнями и их факторами. Уточнены экологические и оползневые условия в районе на примере оползня Мингчукур, преимущества и направления для дальнейших исследований.

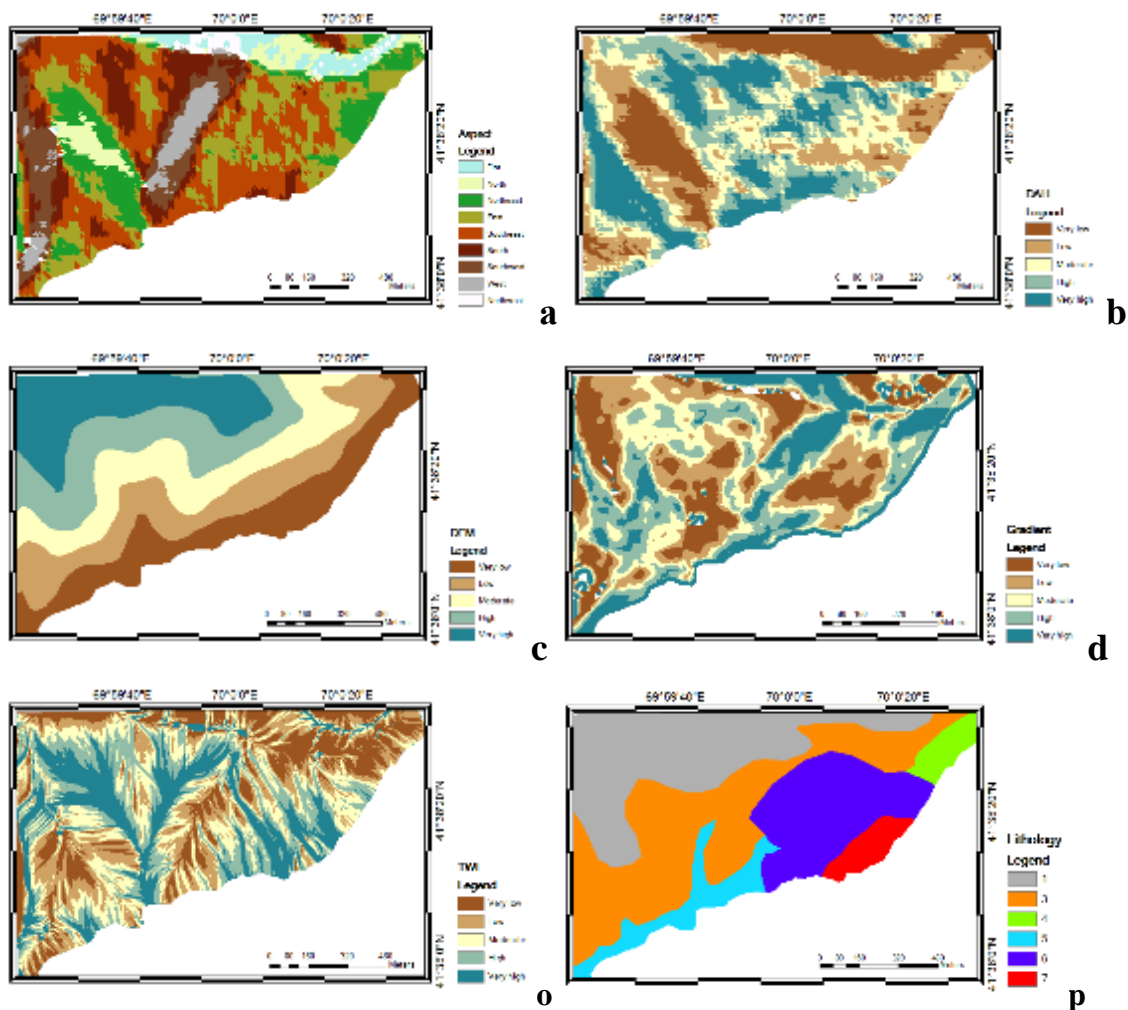
Второй параграф посвящен *«Широкому применению 3D сканирующих технологий для оперативного и эффективного изучения «слепых зон»*. Помимо топографического плана на плоскостях с отметками высот, есть возможность получить цифровую модель рельефа (ЦМР), что даёт наглядность процесса и облегчает работу при проектировании, специалисту нет необходимости находиться на теле оползня, либо на труднодоступных зонах при наблюдениях – лазерный 3D сканер снимет поверхность удалённо.

Третий параграф *«Подготовка исходных данных и использование модели соотношения частот для сличения «триггерных» процессов»*. Приведена карта инвентаризации оползней, которая необходима для оценки взаимосвязи между распределением оползней и факторами предрасположенности. Данная карта составлена на основе 5520 оползневых точек, определенные путем интерпретации аэрофотоснимков и данных наземной съёмки (рис.7).



**Рис. 7. Цифровая модель рельефа (ЦМР) и проявления оползня.**

Рассмотрены обуславливающие факторы оползневых процессов – 16 факторов, связанных с возникновением оползней (рис.8).



**Рис. 8. Пространственная база оползневых причинных факторов:**  
*a – экспозиция; b – САН; c – ЦМР; d – градиент; e – ТИВ; f – геология.*

Топографические и гидрологические факторы построены из матрицы высот с использованием анализа рельефа модуля ГИС SAGA (табл.3).

**Таблица 3**

**Основные изучаемые факторы по оползнию**

Категория	Факторы	Тип данных	Масштаб	Источник
Топографические факторы	Экспозиция	Сетка	1: 1 000	Национальный институт географической информации
	Цифровая модель рельефа (ЦМР)			
	Суточный анизотропный нагрев			
	Градиент			
	Локальная кривизна нисходящего склона			
	Локальная кривизна поднятия			
	Положение среднего склона			
	Расположение склона			
	Площадь поверхности			
	Глубина долины			
Влияние ветра				
Гидрологические факторы	Площадь водосбора	Сетка	1: 1 000	Национальный институт географической информации
	Длина пути потока			
	Крутизна склона (LS)			
Топографический индекс влажности				
Геология	Литология	Полигон	1:25 000	

Методы исследований включают использование коэффициента частот для определения насколько эффективна корреляция между топографическим



фактором и возникновением оползней. Выполнена оценка таких свойств и эффективность модели путем расчета  $R^2$  в размере 0,4 (табл.4).

Таблица 4

Значение  $R^2$  для каждого фактора

Фактор		$R^2$
Топография	Цифровая модель рельефа	0,405
	Суточный анизотропный нагрев	0,496
	Градиент	0,402
	Положение среднего склона	0,821
	Расположение склона	0,256
	Площадь поверхности	0,262
	Глубина долины	0,209
Гидрология	Площадь водосбора	0,067
	Длина пути потока	0,214
	Крутизна склона (LS)	0,866
	Топографический индекс влажности	0,004

В диссертации предлагается картирование подверженности к оползням с использованием фактора взаимосвязи и модели соотношения частот. Карта подверженности к оползням разработана путем расчета и классификации индексов подверженности к оползням для всей исследуемой территории (рис.9).

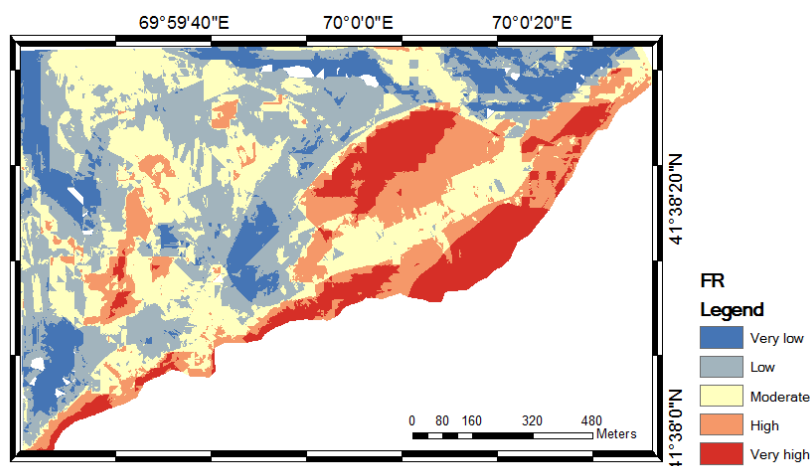


Рис. 9. Карта подверженности к оползням с использованием модели частот.

На основании результатов оценки точности, модель имеет значение AUC 0,833. Это, означает, что точность модели коэффициента частот оползня в районе Мингчукура составляет **82%**. Посредством модели возможно пространственное прогнозирование оползневой опасности и их факторов.

Четвертый параграф *«Адаптация успешной практики мониторинга и управления георисками путем применения передовых приборов и инструментов наблюдений для раннего предупреждения оползней»* раскрывает совместный проект с Японией, где использованы высокоточные приборы экстензометр, инклинометр для измерения на поверхности и глубине. К примеру, инклинометр помимо зоны смещения, также позволил уточнить величину и направление вектора перемещения с точностью  $\pm 0,01$  мм.

Эффективно применяются экстензометры для проверки смещений, получения оперативных данных и составления графических изменений

текущего состояния участка, а также позволяют интервенционное принятие решений не только на оползне, но и при наклонном отказе.

Пятый параграф охватывает «Аспекты внедрения современных систем управления и рекомендации по их эффективной имплементации для целей снижения рисков населению и объектам экономики». К примеру, система управления георисками позволит провести исследования с использованием дронов и созданию Digital Twin интеграции 3Д. Такая база данных создаст независимую модель прогнозирования опасности, а система оповещения в режиме реального времени поможет жителям эвакуироваться в ЧС (рис.10).

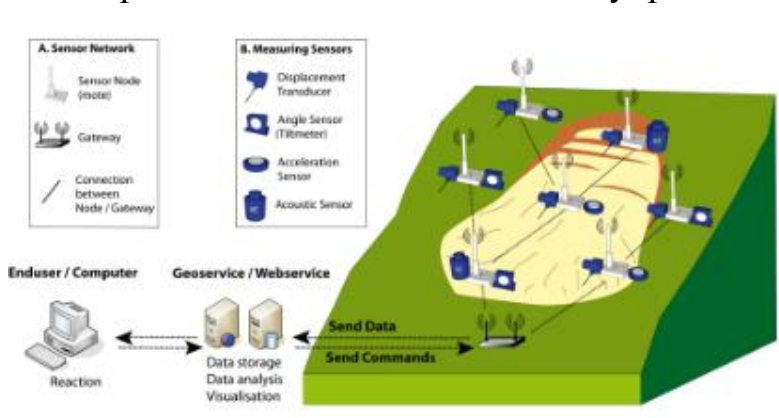


Рис. 10. Методика применения дистанционных сенсоров.

Кроме этого, отмечены следующие современные методы, оборудование и программные продукты для разработки контрмероприятий (рис.11,12,13).

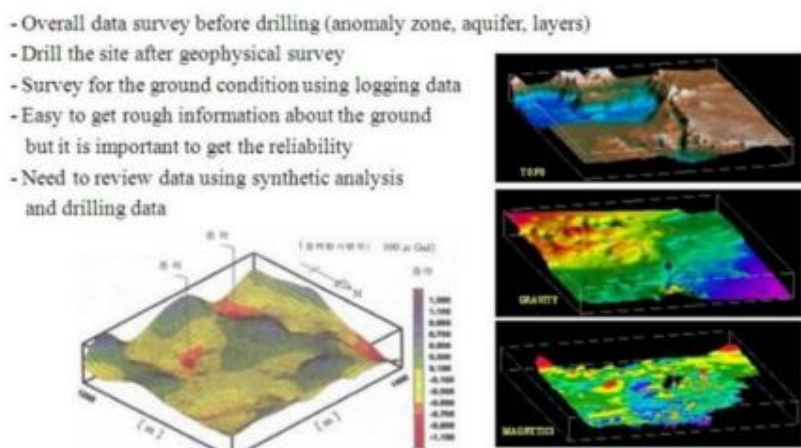


Рис. 11. Компьютерное 3D-моделирование состояния параметров оползневой массы.



Рис. 12. «Нерешёточный метод» укрепления устойчивости склонов.

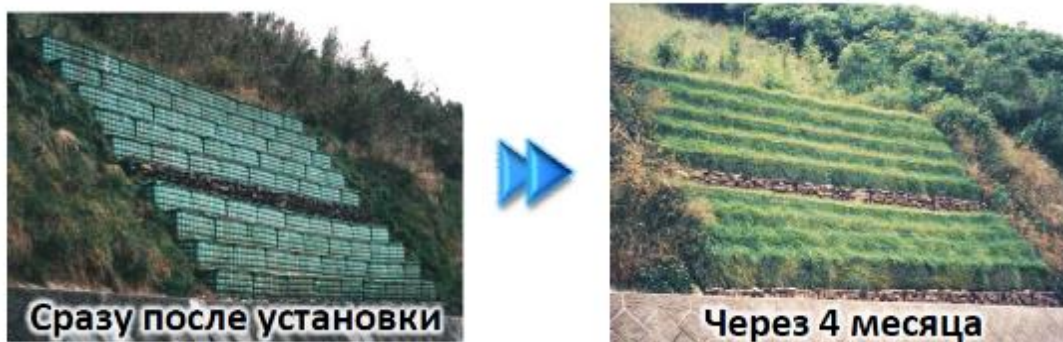


Рис. 13. Габионовая (сотовая) подпорная стенка.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучения проведены в рамках проектов по фундаментальным исследованиям Корейского института геонаук и минеральных ресурсов (KIGAM) и Госкомгеологии. В работе используется вероятностный подход для изучения пространственных связей между крупными оползнями и их причинными факторами на участках Текстильщик и Мингчукур. Подход основан на цифровых базах данных с методами, включающими анализ вероятностей, анализ пространственных структур и интерактивное картирование (на примере участка Мингчукур).

Современное цифровое развитие в сфере природных бедствий, в частности при анализе факторов возникновения и развития крупных оползней, способствует возможности дальнейшего совершенствования научно-практической деятельности Государственной службы слежения за опасными геологическими процессами ввиду возможностей использования передовых достижений геологической науки, внедрения новых технологий, включая дистанционное зондирование Земли, использование ГИС-технологий, а также методы и инструменты моделирования и изучения геологического строения и условий формирования крупных оползней.

2. Взаимосвязь оползня и обуславливающего фактора была проанализирована для оценки подверженности к оползням с использованием метода вероятности на основе соотношения частот. Проанализировано 16 обуславливающих факторов на основе топографии, гидрологии/гидрогеологии и геологии. Все они были классифицированы на основе категории и числового фактора. Фактор на основе категории включает экспозицию, локальную кривизну нисходящего склона, локальную кривизну поднятия и литологию. В то время как оставшиеся типы были классифицированы как числовой коэффициент. На основании значения коэффициента частоты можно проанализировать взаимосвязь между оползнем, топографией и гидрологическими факторами, взглянув на линию тенденции значения коэффициента частоты.

Значение коэффициента частоты для каждого фактора оценивается для того, чтобы выяснить, насколько эффективен данный фактор при анализе подверженности к оползням. Для того, чтобы измерить, насколько эффективно этот фактор работает при анализе восприимчивости к оползням на данной

местности, использован коэффициент детерминации, который обозначен  $R^2$ .  $R^2$  представляет статистику, позволяющую получить некоторую информацию о правильности подбора модели.

Шесть непрерывных числовых коэффициентов показали, что значения  $R^2$  больше 0,4, отсечение для хорошей подгонки. Этими факторами были ЦМР (цифровая модель рельефа), САН (суточный анизотропный нагрев – неодинаковые физические свойства по отношению воздействий), градиент (вектор наибольшего возрастания отдельной величины), ПСС (положение среднего склона) и коэффициент LS (крутизна склона). Другие факторы, а именно угол склона, площадь поверхности, глубина долины, площадь водосбора, длина пути потока и ТИВ (топографический индекс влажности), имели значения  $R^2$  ниже 0,4, что указывает на слабую корреляцию с возникновением оползня.

3. Интеграция базы данных по оползневым инцидентам с обуславливающими факторами, такими как база данных топографических свойств в ГИС, позволит не только в полной мере использовать имеющиеся базы данных и сэкономить усилия по сбору элементарных данных, но также создаст объединенную базу данных, которая станет основой для дальнейшего цифрового и количественного анализа взаимосвязи между оползнями и топографическими свойствами.

Метод вероятности на основе анализа коэффициента частоты может быть использован не только для изучения общих характеристик оползней и их данных об окружающей среде, но и для выявления пространственных изменений таких взаимосвязей, что позволяет проводить прогнозирование оползней на региональном уровне. В ходе практического исследования района Мингчукур было обнаружено, что интенсивность осадков прямо влияет на возникновение оползней. Как наклонный градиент, так и абсолютная высота контролируют распределение оползней, и существует региональная составляющая взаимосвязи между оползнями и топографией и рекомендуется для использования при активных оползнях.

4. Метод соотношения частот FR (корреляция места оползня с факторами, модель схожести предыдущих и будущих оползней) имеет много преимуществ для анализа отображения восприимчивости оползня и может использоваться как для изучения общих характеристик оползней и их связи с факторами окружающей среды, так и для выявления пространственных изменений в таких отношениях. Модель FR простая для понимания и интерпретации, этот подход является хорошим выбором для моделирования и картирования восприимчивости к оползням и очень полезен для проектировщиков и инженеров. Карты восприимчивости к оползням помогают планировщикам и инженерам при выборе подходящих мест для реализации разработок. Эти результаты могут быть использованы в качестве исходных данных для помощи в управлении склонами и при планировании землеустройства. Также они рекомендуются для использования в оползневых зонах в горных и предгорных районах страны.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.27.06.2017.GM.40.01 AT TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**  

---

**INSTITUTE OF HYDROGEOLOGY AND ENGINEERING GEOLOGY**

**KADIRHODJAEV AZAM ALISHEROVICH**

**MODERN MANAGEMENT SYSTEMS AND MONITORING  
TECHNOLIGIES FOR EARLY WARNING OF LANDSLIDES**

04.00.04 – Hydrogeology and engineering geology

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY  
OF GEOLOGY-MINERALOGY SCIENCES (PhD)**



**The title of doctoral philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2020.2.PhD/GM17.**

The dissertation work was carried out at the Institute of Hydrogeology and Engineering Geology.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website Scientific council (www.tdtu.uz) and the website of «Ziyonet» information and educational portal www.ziyonet.uz.

**Scientific adviser:**

**Bakiev Saidnasim Alimovich**  
doctor of geology and mineralogy sciences,  
senior scientific researcher

**Official opponents:**

**Irgashev Yuldashbay**  
doctor of geology and mineralogy sciences,  
professor

**Minchenko Vichislav Dmitrievich**  
Candidate of geology and mineralogy sciences

**Leading organization:**

Institute of seismology

The defense will take place «17» December 2020 at 11:00 the meeting of the Scientific council DSc.03/05.06.2020.T.03.06 at Tashkent State Technical University (Address: 100095, Tashkent city, University street, 2. Ph.: (99871) 246-46-00, fax: (99871) 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz.

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Center of the Tashkent State Technical University (is registered under No 187). (Address: 100095, Tashkent city, University street, 2. Ph.: (99871) 246-46-00, fax: (99871) 227-10-32).

Abstract of dissertation sent out on «05» December 2020

(Mailing report #1 on «05» December 2020)



*A. Rakhimov*

**Rakhimov A.A.**  
Chairman of the scientific council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences

*Sh. Karimov*

**Karimov Sh.A.**  
Scientific secretary of scientific council awarding scientific degrees, doctor of philosophy (PhD)

*I. Xabibullaev*

**Xabibullaev I.**  
The Chairman of a scientific seminar under Scientific council for awarding the scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research work:** The aim is to improve the management system within the territories vulnerable to hazardous geological processes through the introduction of modern monitoring technologies and research methods.

**The objects of research:** large landslides in the upper reaches of the Chirchik River in the Tashkent region.

**Scientific novelty of the research is the following:**

scientific approach to the analysis of probabilities was substantiated for the interactive analysis of the relationship between landslides and causal factors;

principles and methods of analysis of hazardous geological processes were improved and described in detail;

object-oriented conceptual model is substantiated to describe large landslide manifestations;

combined database of individual landslides and environmental factors was created with the integration of data into a single conceptual framework.

**Implementation of the research results:**

Based on the scientific results obtained on modern control systems and technologies for early warning of landslides:

the frequency ratio method was introduced into the process of engineering and geological surveys of the State monitoring service (certificate of the State Committee on geology dated August 27, 2020 No. 04/08). The results allowed assessing the risks of large landslides;

a probability model based on the frequency ratio method is implemented to the monitoring objects of the State monitoring service (certificate of the State Committee on geology dated August 27, 2020 No. 04/08). The results allowed to maintain an interactive relationship between landslides and causal factors;

an improved methodology for mapping the areas of possible landslides was introduced into the activities of the State monitoring service (certificate of the State Committee on geology dated August 27, 2020 No. 04/08). The results served as the basis for the effective identification of zones vulnerable to the occurrence of landslides in the mountainous areas of Bostanlyk region;

the method and model of the frequency ratio for detecting landslides were used in the process of geological research at the Korea Institute of Geological Sciences and Mineral Resources (certificate of KIGAM No. 314-82-02238 by July 20, 2020). The results allowed for a reliable and qualitative analysis of the spatial relationship between large landslides and the main factors influencing them, interactive mapping and effective separation of potential landslide zones.

**The structure and volume of the dissertation.** The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, list of references and internet data. The volume of the dissertation is 110 pages of text.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I- бўлим (I часть; I part)**

1. Кадырходжаев А.А., Бимурзаев Г.А., Уралов И.Ф. Основные достижения Государственной службы Республики Узбекистан по слежению за опасными геологическими процессами в период независимости Узбекистана и ее задачи // Журнал «Геология и минеральные ресурсы». Ташкент. № 4/2016. -С. 66-68. (04.00.00. № 2).

2. Kadirhodjaev A.A., Prima Riza Kadavi, Chang-Wook Lee, Saro Lee. Analysis of the relationship between topographic factors and landslide occurrence and their application to landslide susceptibility mapping: a case study of Mingchukur Uzbekistan // Geosciences Journal (<https://www.researchgate.net/publication/328374329>), 2018. -С. 1053-1067. (№ 40, Research Gate, IF 1,6).

3. Кадырходжаев А.А. Особенности развития и формирования крупных оползней в Узбекистане (на примере оползня Текстильщик) // Журнал «Геология и минеральные ресурсы», Ташкент, №2/2020. -С. 49-53. (04.00.00. № 2).

4. Azam Kadirhodjaev, Fatemeh Rezaie, Moungh-Jin Lee, Saro Lee, Landslide Susceptibility Assessment Using an Optimized Group Method of Data Handling Model//ISPRS International Journal of Geo-Information (<https://www.researchgate.net/publication/344426725>), 2020. -С. 9 566. (№ 40, Research Gate, IF 2,2).

**II- бўлим (II часть; II part)**

5. Zakhidova D.V., Kadirhodjaev A.A. Mapping and calculating of technogeneous loading on geological environment by using satellite data and GIS (Составление карт и оценка техногенной нагрузки на окружающую среду с использованием космоснимков и ГИС технологий) // EGU General Assembly (Европейский Геологический Союз), Austria, 2010. -С. 75.

6. Кадырходжаев А.А., Туляганов Б.И. Развитие горно-гидрогеоэкологических исследований в Центральной Азии, Институт ГИДРОИНГЕО // Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии, геоэкологии и пути их решения», Ташкент, 2015. -С. 240-247.

7. Кадырходжаев А.А., Бимурзаев Г.А., Туляганов Б.И. Анализ и составление предупредительных карт, как основа в системе раннего предупреждения опасных геологических процессов // «Аҳолини ва ҳудудларни фавқулодда вазиятлардан муҳофаза қилиш соҳасида фан ва технологиялар ютуқлари» Республика илмий семинар-қўргазма материаллари тўплами, Тошкент, 2017. -С. 171-173.



8. Кадырходжаев А.А., Туляганов Б.И., Бимурзаев Г.А. К вопросу качественной и количественной оценки экзогенных геологических процессов по степени их активности (на примере Узбекистана) // X международная научно-практическая конференция по проблемам снижения природных опасностей и рисков, Москва. Том 1. 2018. -С. 133-135.

9. Бимурзаев Г.А., Кадирходжаев А.А., Меликулов Р. Особенности развития и формирования провальных воронок в Узбекистане // Международная конференция «Науки о Земле», Ташкент, 22-23 ноября 2018. -С. 239-241.

10. Туляганов Б.И., Бимурзаев Г.А., Кадырходжаев А.А. Госслужба слежения: История формирования и ее перспективы // I Международная научно-техническая конференция «Роль науки и практики в усилении устойчивости и актуализации управления рисками проявления экзогенных геологических процессов», Ташкент, 10-11 октября 2019. -С. 42-47.

11. Кадирходжаев А.А. Замонавий гис технологиялари ёрдамида кўчкиларни самарали мониторинг қилиш имкониятлари // «Ўзбекистонда география фанининг долзарб масалалари» Республика илмий-амалий конференцияси, Термиз давлат университети, Ташкент, 11 ноября 2020. -С. 293-296.

Автореферат «Ўзбекистон Миллий университети хабарномаси» журналида  
тахрир қилинди