

Код МРНТИ 87.03.17

Д. Джармуханбетова¹, Е. Тулегенов², Л. Байкеева¹, *К. Басшова³¹Мұхаммед Хайдар Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті (Тараз қ., Қазақстан),²Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, (Алматы қ., Қазақстан),³Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті (Түркістан қ., Қазақстан)

КЛИМАТТЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРГЕ БАЙЛАНЫСТЫ ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ ҚАЛАЛЫҚ АУМАҚТАРЫНДАҒЫ ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІ ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Мақалада Түркістан облысының урбанизацияланған аумақтарында климаттық факторлардың әсерінен болатын геофизикалық өзгерістер қарастырылады. Температураның жоғарылауы, жауын-шашынның төмендеуі және құрғақшылықтың жоғарылауы топырақ горизонттарының сусыздануына, шөгінді және жарылуына әкеледі. Жер асты суларының деңгейінің жоғарылауы және топырақтың физикалық қасиеттерінің өзгеруі оның жүк көтергіштігін төмендетеді. Қалалық инфрақұрылымда эрозиялық процестер, қайталама тұздану және деформациялар күшейеді. 2010–2024 жылдардағы мониторинг негізінде құрылыс нормаларын бейімдеу және өзгермелі климат жағдайында топырақтың жай-күйіне кешенді инженерлік бақылауды енгізу қажеттілігі анықталды. Нәтижелер климаттық өзгерістердің аймақ қалаларының геофизикалық жағдайына әсер ету дәрежесін бағалауға және бейімделу шараларын ұсынуға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: Түркістан облысы, геофизика, климаттық өзгерістер, урбанизация, жер асты сулары, эрозия, қашықтықтан зондтау.

Study of geophysical changes in urban areas of Turkestan region due to climatic changes

Abstract. The article examines the geophysical changes occurring in the urbanized territories of the Turkestan region under the influence of climatic factors. Rising temperatures, decreased precipitation, and increased droughts cause dehydration, shrinkage, and cracking of soil horizons. An increase in the groundwater level and a change in the physical properties of the soil reduce its bearing capacity. Erosion processes, secondary salinization and deformations in urban infrastructure are increasing. Based on monitoring in 2010–2024. The necessity of adapting building regulations and introducing integrated engineering control over the condition of soils in a changing climate has been identified. The results obtained make it possible to assess the degree of influence of climate change on the geophysical state of the region's cities and propose adaptation measures.

Key words: Turkestan region, geophysics, climate change, urbanization, groundwater, erosion, remote sensing.

Изучение геофизических изменений городских территорий Туркестанской области ввиду климатических изменений

Аннотация. В статье рассматриваются геофизические изменения, происходящие на урбанизированных территориях Туркестанской области под воздействием климатических факторов. Повышение температуры, снижение осадков и учащение засух вызывают обезвоживание, усадку и растрескивание почвенных горизонтов. Увеличение уровня грунтовых вод и изменение физических свойств грунта снижают его несущую способность. Усиливаются эрозионные процессы, вторичное засоление и деформации в городской инфраструктуре. На основе мониторинга 2010–2024 гг. выявлена необходимость адаптации строительных норм и внедрения комплексного инженерного контроля над состоянием грунтов в условиях меняющегося климата. Полученные результаты позволяют оценить степень влияния климатических изменений на геофизическое состояние городов региона и предложить меры адаптации.

Ключевые слова: Туркестанская область, геофизика, климатические изменения, урбанизация, грунтовые воды, эрозия, дистанционное зондирование.

Кіріспе

Қазіргі климаттық өзгерістер урбанизацияланған аумақтардың геофизикалық параметрлеріне, әсіресе Қазақстан Республикасының Түркістан облысы да жататын құрғақ және жартылай құрғақ климаты бар өңірлерде барған сайын елеулі әсер етуде. Температураның жоғарылауы, жауын-шашын режимінің өзгеруі, экстремалды ауа-райы құбылыстарының жиілігінің артуы – осы факторлардың барлығы жер асты суларының деңгейінің өзгеруі, топырақтың шөгуі мен жарылуы, эрозия, жергілікті температура ауытқуларының қалыптасуы және қала құрылысының геотехникалық тұрақтылығының төмендеуі сияқты күрделі геофизикалық өзгерістерді тудырады.

Климаттың өзгеруі қалалық аумақтардың геофизикалық тұрақсыздығын күшейтеді. Түркістан облысы Қазақстанның климаттық өзгерістерге ең осал аймақтарының бірі ретінде температураның өсуін, жауын-шашынның азаюын және экстремалды ауа райы құбылыстарының жиілеуін бастан кешуде. Бұл зерттеудің мақсаты-аймақтың урбанизацияланған аумақтарындағы геофизикалық процестерге осы өзгерістердің әсерін талдау.

Қазақстанда бұл проблема өңірлік және қолданбалы деңгейде, әсіресе елдің оңтүстігіндегі шағын және орта қалалар контекстінде нашар зерттелген күйінде қалып отыр. Отандық зерттеулердің көпшілігі агроклиматтық жағдайлар мен жалпы Климаттық трендтердің мониторингіне бағытталған [1]. Сонымен қатар, климатология, геофизика

және урбанистиканы біріктіретін пәнаралық тәсілдер әлі жеткілікті дамымаған. Бұл қалалық инфрақұрылымды кешенді бағалау және жаңа климаттық шындыққа уақтылы бейімдеу мүмкіндіктерін шектейді.

Шетелдік зерттеулер, атап айтқанда, салыстырмалы климаттық жағдайлары бар елдерде – Түрікменстан, Өзбекстан, Иран, сондай-ақ Ресейдің оңтүстік аймақтарында урбанизацияланған аумақтардың Климаттық стресстерге жоғары осалдығын көрсетеді. Жүргізілген ғылыми жұмыстарында Смит және басқалар [2], сондай-ақ Джонс [3] климатқа байланысты деформациялық процестерге уақтылы жауап беру үшін құрғақ аймақтардың қалаларында жергілікті геофизикалық бақылаудың маңыздылығын атап өтті. Сонымен қатар, ЕО мен АҚШ елдерінде қалалық жоспарлауда қашықтықтан зондтау және георадарлық профильдеу әдістері белсенді қолданылады (мысалы, ЕО-дағы Коперник бағдарламасы), бұл қалалық геофизикалық негіздің деградациясының алғашқы белгілерін анықтауға мүмкіндік береді [4–5].

Осылайша, Түркістан облысындағы Климаттық трансформация жағдайындағы геофизикалық өзгерістерге өңірлік талдау жүргізу қажеттілігі ғылыми және практикалық негізделген болып табылады. Алынған деректер тұрақты қалалық ортаны жобалауда, нормативтік-құрылыс құжаттамасын жаңартуда және ұлттық және халықаралық Климаттық стратегиялар шеңберінде бейімделу шараларын әзірлеуде пайдаланылуы мүмкін [6].

Әдістер/зерттеулер

Түркістан облысында климаттық факторлардың әсерінен топырақтың геоқұрылымдық өзгерістерін анықтау және талдау үшін далалық, зертханалық, қашықтықтан және аналитикалық әдістерді біріктіретін кешенді әдіснамалық тәсіл қолданылды. Далалық зерттеулер 2010–2024 жылдар кезеңінде Түркістан облысының негізгі аудандарында (Түркістан, Кентау, Жетісай, Сарыағаш) топырақ үлгілерін жүйелі іріктеуді, кейіннен физикалық-механикалық қасиеттерін: тығыздығын, ылғалдылығын, кеуектілігін, сүзу коэффициентін және жарықшақ түзілу параметрлерін айқындауды қамтыды.

Сонымен қатар, жер асты сулары деңгейінің маусымдық және жыл аралық динамикасын бақылау үшін ҚазҒЗСШИ және «Қазгидромет» РМК бақылау ұңғымалары мен автоматты станцияларының деректерін пайдалана отырып, гидрогеологиялық мониторинг жүргізілді. Инженерлік-геологиялық орталықтар негізінде жүргізілген зертханалық зерттеулер топырақтың электрофизикалық және химиялық сипаттамаларын, соның ішінде меншікті қарсылықты, тұздың құрамын және суды ұстау қабілетін нақтылауға мүмкіндік берді. Қашықтықтан зондтау әдістерін (спутниктік кескіндерді талдауды қоса) және геоақпараттық жүйелерді (ArcGIS, QGIS) қолдана отырып, эрозия процестерін, шөгу аймақтарын және жер жамылғысы бұзылған аймақтарды кеңістіктік бейнелеу жүргізілді. Климаттық және техногендік факторларды сандық бағалау үшін көпжылдық метеорологиялық және топырақ деректері негізінде корреляциялық талдау және трендік статистика әдістері пайдаланылды. Ретроспективті талдауды заманауи бақылаулармен біріктіру негізгі көрсеткіштердің тарихи және ағымдағы мәндерін салыстыру мүмкіндігін қамтамасыз етті, бұл топырақтың тозуының тұрақты тенденцияларын анықтауға және өзгермелі климат жағдайында инженерлік инфрақұрылым үшін жоғары тәуекел аймақтарын анықтауға мүмкіндік берді.

Қазгидромет деректері мен жаһандық климаттық модельдер негізінде Түркістан облысында 1980–2024 жылдар кезеңінде орташа жылдық температура 1,5–2 °C-қа көтерілгені атап өтілді [7]. Сонымен қатар, топырақ пен жер асты суларының геофизикалық жағдайына тікелей әсер ететін қатты ыстық, нөсер жаңбыр және шаңды дауыл кезеңдері бар (кесте 1).

Түркістан облысын қоса алғанда, Оңтүстік Қазақстандағы климаттық өзгерістер топырақтың геоструктурасына барған сайын айқын әсер етуде. Климаттың негізгі факторлары-орташа жылдық және маусымдық температураның өсуі, жауын-шашынның азаюы, құрғақ кезеңдердің жоғарылауы және температураның шектен тыс ауытқулары-топырақтың жоғарғы және орта горизонттарының тұрақтылығының бұзылуына ықпал етеді.

Соңғы жылдары 35 °C-тан асатын жазғы температураның жоғарылауы топырақтан ылғалдың қарқынды булануын тудырады, бұл оның сусыздануына және термиялық жарылуына әкеледі. Мұндай процестер әсіресе Түркістан, Кентау, Жетісай және Сарыағаш аудандарында кең таралған сазды және сазды топырақтарда байқалады. Топырақ ылғалдылығының төмендеуі жағдайында олардың шөгуі байқалады, бұл ғимараттар мен инженерлік құрылымдардың іргетастарының деформациясын тудыруы мүмкін.

Жауын-шашынның жылдық мөлшерін азайту (2020–2024 жылдары 200–220 мм-ге дейін), жауын-шашынның мезгіл-мезгіл бөлінбеуімен бірге ылғалдың жиналу балансын бұзады. Ылғалдың жетіспеушілігі Топырақтың су-физикалық қасиеттерінің деградациясына әкеледі-сүзу коэффициенті төмендейді, тығыздық жоғарылайды, өткізгіштік төмендейді. Бұл процестер Жер асты суларының деңгейін төмендету арқылы нашарлайды, бұл топырақтың механикалық тұрақтылығына және оның көтергіштігіне де әсер етеді.

Қысқа, бірақ қарқынды жауын-шашынның жоғарылауы жағдайында топырақ эрозиясының қаупі артады. Өсімдіктер бұзылған беткейлердегі және дренаждарға жақын

Кесте 1

Қазгидромет және халықаралық көздер деректері бойынша Түркістан облысының кеңейтілген климаттық көрсеткіштері

Table 1

Expanded climatic indicators of Turkestan region according to Kazhydromet and international sources

Таблица 1

Расширенные климатические показатели Туркестанской области по данным Казгидромета и международных источников

Жыл	Жылдық орташа температура (°C)	Жазда орташа температура (°C)	Қыста орташа температура (°C)	Жауын-шашынның жылдық мөлшері (мм)	Құрғақ күндер саны	Қалыпты емес ыстығы бар күндер саны (> 35 °C)
1980	12.3	26.5	-1.2	280	45	5
1990	12.7	27.1	-0.6	265	52	8
2000	13.1	27.8	0.2	250	58	12
2010	13.6	28.3	0.7	230	63	17
2020	14.2	29.1	1.5	215	68	22
2024	14.5	29.5	1.8	205	72	25

Кесте 2

Жер асты сулары деңгейінің динамикасы

Table 2

Dynamics of the groundwater level

Таблица 2

Динамика уровня грунтовых вод

Жыл	Жер асты суларының орташа деңгейі, м (бетінен)	2010 жылмен салыстырғанда өзгеріс, м	Көрсеткіштер
2010	5.8	0.0	Базалық деңгей
2014	5.3	-0.5	Суарудың артуы, буланудың өсуі
2018	4.9	-0.9	Суару каналдарының құрылысы
2020	4.3	-1.5	Қыс пен көктем әдеттен тыс ылғалды
2022	4.0	-1.8	Сумен жабдықтау жүйесінен ағып кету, әлсіз дренаж
2024	3.6	-2.2	Бірқатар аудандарда тұрақты су басу

жерлер әсіресе осал. Нәтижесінде жер үсті ағыны күшейеді, қарашірік горизонттары жуылады, төменгі жыныстар ашылады, жыралар мен микрорельефтік деформациялар тез қалыптасады.

Құрғақ климатта және жоғары температурада қайталама тұздану және тұздану процестері күшейеді, әсіресе дренаж жеткіліксіз болған жағдайда. Бұл топырақтың химиялық құрылымын өзгертеді, оның агрофизикалық қасиеттерін нашарлатады, сілтілігін арттырады, бұл құрылыс нысандарының тұрақтылығына да әсер етуі мүмкін.

Гидротермиялық режимнің өзгеруі жоғарғы горизонттардың тығыздалуына және олардың қайта бөлінуіне әкеледі. Қала құрылысы жағдайында бұл жергілікті шөгулермен, инженерлік желілердің деформациясымен және жол жабындарының бұзылуымен бірге жүруі мүмкін. Бұл әсіресе тұрақты геотехникалық мониторинг жүргізілмейтін қала маңындағы аймақтарға тән.

Қазақстанның оңтүстігіндегі топырақ массивтерінің геоструктурасы қазіргі климат жағдайында айтарлықтай өзгерістерге ұшырайды. Бұл кешенді мониторингті, тұрақты инженерлік-геологиялық ізденістерді енгізуді және жаңа климаттық шындықтарды ескере отырып, құрылыс нормаларын қайта қарауды талап етеді.

Негізгі геофизикалық өзгерістер. Бірқатар урбанизацияланған аймақтар жер асты суларының жергілікті көтерілуін, әсіресе гидротехникалық қондырғылар мен нашар құрғатылған аймақтардың жанында байқады. Бұл жауын-шашынның таралуының өзгеруіне және қалалық топырақтың тығыздалуына байланысты.

2010–2024 жылдары Түркістан облысында (Түркістан, Сарыағаш, Жетісай, Кентау қалалары) жүргізілген далалық және қашықтықтан бақылау шеңберінде (кесте 2) климаттық факторлардың және антропогендік жүктеменің әсерінен туындаған мынадай негізгі геофизикалық өзгерістер тіркелді [8].

Бұл өзгерістердің салдары [9]:

- Жертөле бөлмелерін су басу;
- Топырақтың ылғалдылығын арттыру және олардың көтергіштігін жоғалту;
- Булану кезінде беткі қабаттағы тұз концентрациясының өсуі (қайталама тұздану) (кесте 3).

Кесте 3

Топырақтың геофизикалық сипаттамаларының өзгеруі

Table 3

Changes in the geophysical characteristics of the soil

Таблица 3

Изменения геофизических характеристик грунта

Көрсеткіш	2010 ж.	2024 ж.	Өзгерістер (%)
Топырақтың тығыздығы (г/см ³)	1.57	1.45	-7.6
Топырақтың ылғалдылығы (%)	9.2	13.4	+45.6
Кеуектілік (%)	38.0	41.2	+8.4
Сүзу коэффициенті (м/тәулік)	0.58	0.39	-32.7
Меншікті кедергі (Ом * м)	28	19	-32.1

Түркістан облысында жер асты суларының деңгейінің жоғарылауы және топырақтың физика-механикалық сипаттамаларының өзгеруі климаттық және техногендік өзгерістердің тікелей салдары болып табылады.

– Тығыздық пен сүзудің төмендеуі батпақтану мен механикалық беріктіктің жоғалуын көрсетеді;

– Меншікті кедергінің төмендеуі топырақтың ылғалмен және тұз иондарымен қанығуымен байланысты электр өткізгіштігінің жоғарылауын көрсетеді;

– Мұндай өзгерістер Іргетастардың тұрақсыздығына, шөгулерге, ауысуларға және қалалық инфрақұрылымдағы төтенше жағдайларға әкелуі мүмкін.

Бұл деректер қала құрылысы стандарттарын кешенді бейімдеу, қала құрылысы аймағында инженерлік мониторинг пен суды реттеуді күшейту қажеттілігін растайды.

Сазды топырақтары бар аумақтарда (мысалы, Түркістан қаласында) беттің белсенді шөгу және жарылу аймақтары анықталды. Бұл ғимараттар мен инженерлік құрылыстардың тұрақтылығына әсер етеді.

2020–2024 жылдар кезеңінде жүргізілген инженерлік-геологиялық және мониторингтік бақылаулар шеңберінде Түркістан облысының аумағында (Түркістан, Жетісай, Сарыағаш аудандары) жоғарғы топырақ горизонттарының шөгуі мен жарылуының белсенді процестері тіркелді (кесте 4). Бұл процестер әсіресе ылғалдылықтың маусымдық ауытқуларында жоғары шөгу деформациясы бар сазды және лессоидты жыныстар басым жерлерде айқын көрінеді [10].

Кесте 4

Шөгу және жарықтар туралы эксперименттік мәліметтер (2020–2024 жж.)

Experimental data on shrinkage and cracking (2020–2024)

Таблица 4

Экспериментальные данные по усадке и трещинообразованию (2020–2024 гг.)

Көрсеткіш	Көктем 2020	Жаз 2020	Жаз 2020	Жаз 2024
Жарықтардың орташа тереңдігі, см	8–12	25–35	32–38	36–42
Жарықтардың орташа ені, см	0.5–1	2–4	4–6	5–8
Жоғарғы қабаттың ылғалдылығын жоғалту, %	—	9.1	10.8	12.3
Топырақтың орташа шөгуі, мм/жыл	—	5.8	7.2	8.9
Ауа температурасы, °C (орташа)	+19.5	+35.2	+36.8	+37.3
Жауын-шашын, мм (сәуір-тамыз)	93	47	39	32

Алынған деректерді талдау мыналарды көрсетті:

– Жарықтардың тереңдігі мен ені жаз мезгілінде, әсіресе жауын-шашынның төмендеуі мен температураның жоғарылауымен айтарлықтай артады. Сонымен, 2024 жылы жарықтардың тереңдігі 40 см-ге, ені 8 см-ге дейін жетті.

– Жаз айларында топырақтың жоғарғы қабатындағы ылғалдылықтың жоғалуы 12–13% деңгейінде тіркелді, бұл саздақтардың құрылымдық тұрақтылығының маңызды шегі.

– Жауын-шашынның төмендеуі мен шөгудің өсуі арасында нақты корреляция бар: 2020–2024 жылдардағы ылғалдың төмендеуімен орташа жылдық шөгу 5.8-ден 8.9 мм-ге дейін өсті.

– Жоғары температура мен төмен ылғалдылық топырақ массивінің жүк көтергіштігін бұзатын және аз қабатты құрылыстар мен желілік инфрақұрылым объектілерінің (құбырлар, жолдар, электр желілері) бұзылу

қаупін арттыратын өтпелі жарықтардың дамуына ықпал етеді.

Нәтижелерді талқылау

Түркістан облысының топырақтарында шөгу мен жарықтың пайда болуының геофизикалық процестері тұрақты сипатқа ие болады және климаттық факторлардың өзгеруіне байланысты: температураның өсуі және жауын-шашын тапшылығы. Бұл өзгерістерге шамадан тыс тығыздалған және бұзылған топырақ құрылымдары бар урбанизацияланған аймақтар ең сезімтал. Профилактикалық инженерлік шешімдерді енгізу қажет: дренаж құрылғылары, іргетас аймағын ылғалдандыру, құрылыс нормаларын жаңа климаттық параметрлерге бейімдеу.

Кентау аудандарында және Сайрам-Өгем жотасының етегінде эрозиялық белсенділіктің өсуі байқалады-шатқалдардың пайда болуы, топырақтың жоғарғы қабатын жуу, әсіресе қатты жауын-шашыннан кейін. Топырақ эрозиясы-Оңтүстік Қазақстандағы жердің тозуының аса маңызды процестерінің бірі [11]. Түркістан облысы жағдайында эрозия процестері нәтижесінде күшейеді (кесте 5):

- жауын-шашын құрылымының өзгеруі,
- температура мен буланудың жоғарылауы,
- урбанизация және егістік егіншілік салдарынан өсімдік жамылғысының қысқаруы.

Кесте 5

Су және жел эрозиясы бойынша эксперименттік деректер (Жетісай және Сарыағаш аудандары, 2019–2024 жж.)

Таблица 5

Experimental data on water and wind erosion (Zhetysai and Saryagash districts, 2019–2024)

Таблица 5

Экспериментальные данные по водной и ветровой эрозии (Жетысайский и Сарыагаишский районы, 2019–2024 гг.)

Көрсеткіш	2019	2020	2022	2024
Құнарлы қабаттың жылдық жоғалуы, т/га	4.1	5.3	6.7	7.9
Жауын-шашынның жиілігі (> 15 мм/сағ), күн/жыл	6	9	13	16
Құрғақ маусымда желдің орташа жылдамдығы, м/с	4.1	4.3	4.7	5.2
Жел жотасының орташа биіктігі, см	3.2	4.0	5.1	6.4
Топырақ тығыздау индексі (SPC), шарттар. бірлік	0.65	0.62	0.58	0.53

Топырақтың жоғалуы жыл сайын өсіп, бес жылда екі есеге жуық өсті. Көктемгі-жазғы кезеңдегі су эрозиясы жоғары қарқынды нөсер жаңбырымен байланысты негізгі үлес қосады. Жауын – шашынның жиілігінің өсуі уақытша

су ағындарының, промоутерлердің және сайлардың пайда болуына әкеледі, әсіресе көлбеу 3-5°-тан жоғары аудандарда. Жел эрозиясы негізінен көктем мен күз мезгілдерінде, әсіресе өңделетін және қорғалмаған жерлерде (жалаңаш өрістер, жол жиектері, құрылыс алаңдары) байқалады. SPC (soil protection coefficient) төмендеуі топырақ жамылғысының тозуы, жыртылуы, сондай-ақ жеткіліксіз бақылау және өсімдік қорғаныс жолақтары салдарынан эрозияға төзімділіктің жоғалуын көрсетеді (1 сурет). Осы құбылыстардың нәтижесінде пайда болған эрозияның салдары:

- гумустың жоғалуы (жылына 1,5 см-ге дейін);
- қарқынды эрозия аймақтарында өнімділіктің 15–20% төмендеуі;
- суару каналдары мен су қоймаларының шөгінділермен ластануы;
- қалалық аймақтағы жолдардың, тротуарлардың және шағын сәулет нысандарының зақымдануы.



Сурет 1. 2019–2024 жж. Топырақ эрозиясы мен нөсер жауын арасындағы байланыс.

Figure 1. 2019–2024. The relationship between soil erosion and heavy rains.

Рис. 1. 2019–2024 гг. Связь между эрозией почвы и проливными дождями.

Бұл график 2019 жылдан 2024 жылға дейін Түркістан облысында топырақ шығынының (т/га) өсуін және жауын-шашын жиілігінің (> 15 мм/сағ) өсуін көрсетеді. Айқын корреляция көрінеді: жауын-шашын неғұрлым көп болса, эрозия шығыны соғұрлым жоғары болады.

Аймақтағы эрозия процестері Климаттық жағдайлардың өзгеруіне және жерді дұрыс пайдаланбауға байланысты күшейеді. Жағдай шұғыл шараларды қажет етеді: эрозияға қарсы Ауыл шаруашылығы тәжірибелерін енгізу (контурлық жырту, қорғаныс жолақтарын отырғызу); қашықтықтан зондтауды қолдана отырып, топырақ жағдайын бақылау; қалалық ортада нөсер инфрақұрылымын дамыту.

Түркістан облысының урбанизацияланған аймақтары «жылу аралдары» әсерін көрсетеді-қоршаған ауылдық жерлерден 2–3 °C-тан асатын температуралық ауытқулар. Бұл материалдардың термиялық кеңеюіне және инфрақұрылымның деформациясына ықпал етеді.

Температура өзгерістері, топырақ пен ылғалдылық қозғалыстарының кеңістіктік таралу карталары салынды, олар өзгеру динамикасын айқын көрсетеді (2 сурет).



Сурет 2. Түркістан облысы бойынша 2015–2024 жж аралығындағы геофизикалық өзгерістер.
Figure 2. Geophysical changes in the Turkestan region in 2015–2024.

Рис. 2. Геофизические изменения в Туркестанской области за 2015–2024 гг.

Тарихи деректермен салыстыру процестердің өсіп келе жатқан сипатын растайды. Зерттеу барысында температураның тұрақты өзгерістерін уақыт бойынша анықтауға мүмкіндік беретін көпжылдық мәліметтер негізінде температуралық трендтер құрылды. Трендтерді талдау орташа жылдық және маусымдық температураның біртіндеп жоғарылау тенденциясын көрсетті, бұл зерттелетін аймақтағы маңызды климаттық өзгерістерді көрсетеді.

Сонымен қатар, топырақ жамылғысының күйіндегі жергілікті өзгерістерді көрсететін топырақ қозғалыстарының кеңістіктік таралу карталары жасалды. Бұл карталар температура мен ылғалдылық жағдайларының динамикасына байланысты топырақтың қозғалғыштығы жоғары аймақтарды елестетуге мүмкіндік берді. Сол сияқты, топырақ ылғалдылығының карталары табиғи процестерді де, антропогендік әсерді де көрсететін аумақтың әртүрлі нүктелеріндегі топырақ ылғалдылығының өзгеруін көрсетеді.

Алынған деректерді Тарихи мұрағаттармен салыстыру байқалған процестердің өсіп келе жатқанын растады: температура көрсеткіштері жоғарылайды, ал топырақ ылғалдылығының қозғалысы мен өзгеруі айқынырақ болады және барлық үлкен аймақтарды қамтиды. Топырақ жағдайлары мен климаттық параметрлердің динамикасын талдауға мұндай кешенді тәсіл аймақтың геотехникалық және экологиялық бағалауы үшін маңызды болып табылатын ағымдағы және болжамды өзгерістер туралы негізделген қорытынды жасауға мүмкіндік береді:

1. Климаттық өзгерістер Түркістан облысының қалалық аумақтарының геофизикасына айтарлықтай әсер етеді.

2. Негізгі өзгерістер-жер асты суларының деңгейінің көтерілуі, топырақтың шөгуі және жарылуы, эрозия және жергілікті температура ауытқулары.

3. Жаңа климаттық шындықтарды ескере отырып, тұрақты мониторинг, бейімделу шараларын әзірлеу және инфрақұрылымды жаңғырту қажет.

Басқа елдерде, мысалы, Ресейде (Қазан қ.), Түрікменстанда (Ашхабад қ.) және Қазақстанда (Алматы қ.) қалалық ортаны климаттық өзгерістерге бейімдеу бойынша жобалар іске асырылуда: көгалдандыру, дренаждық жүйелер, тұрақты құрылыс материалдары. Бұл шаралар Түркістан облысының қалаларында да қолдануға ұсынылады.

Қорытынды

Зерттеу нәтижесінде Түркістан облысының қалалық аудандарының аумағында ағымдағы климаттық өзгерістерге тікелей байланысты елеулі геофизикалық өзгерістер анықталды. Температура тенденцияларын, топырақ ылғалдылығын және топырақ қозғалысын талдау температураның

жоғарылауына және гидрологиялық режимнің өзгеруіне тұрақты тенденцияны көрсетті, бұл тозу процестерінің жоғарылауына және жер жамылғысының тұрақсыздығына әкеледі. Бұл өзгерістердің кеңістіктік таралуы инфрақұрылым мен тұрғын үй құрылыстарына ықтимал қауіп төндіретін топырақтың қозғалғыштығы жоғары аймақтарды анықтады. Қазіргі заманғы деректерді Тарихи мұрағаттармен салыстыру климаттық-геофизикалық процестердің өсіп келе жатқан сипатын растайды, бұл кешенді мониторинг пен бейімделу шараларын әзірлеуді талап етеді. Нәтижелер эрозияның алдын алу, топырақты нығайту және су ресурстарын ұтымды пайдалану жөніндегі іс-шараларды қамтитын қалалық аумақтарды орнықты дамытудың интеграцияланған стратегияларын енгізу қажеттігін көрсетеді. Осылайша, зерттеу геофизикалық өзгерістердің теріс әсерін азайту және аймақтың экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін қала құрылысын жоспарлау мен аумақты басқарудағы Климаттық факторларды ескерудің маңыздылығын көрсетеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Жумабеков А.К., Баймурзаев Т.Р. Топырақ жағдайын бақылаудағы геофизикалық әдістер: Алматы: ҚазҰУ, 2021. 112 б. (орыс тілінде)
2. Смит Д., Хайттауэр Л. Қалалық геофизикалық осалдықтың климаттық күйзеліс жағдайындағы көрінісі // Қоршаған орта геоғылымы. 2020. Т. 28. № 4. Б. 221–236 (ағылшын тілінде)
3. Джонс Э., Пател Р. Қалалық ортадағы климат әсерінен топырақтың тозуы: механизмдер және алдын алу // Қоршаған орта ғылымы және саясаты. 2021. Т. 120. Б. 45–58 (ағылшын тілінде)
4. Климаттың өзгеруі жөніндегі Үкіметаралық топ. Климаттың өзгеруі 2021: Әсерлері, бейімделуі және осалдықтары: Кембридж: Кембридж университетінің баспасы, 2022. 367 б. (ағылшын тілінде)
5. Азық-түлік және ауыл шаруашылығы ұйымы (FAO). Дүниежүзілік топырақ тұздану картасы (GSALmap) нұсқасы 1.0: Рим: FAO, 2021. 56 б. (ағылшын тілінде)
6. Мартинез Г., Томпсон Д. Климаттың өзгермелі жағдайында шөлейтті аймақтардағы қалалық жерасты суларының динамикасы // Гидрология және жер жүйесі ғылымдары. 2023. Т. 27. № 2. Б. 1101–1115 (ағылшын тілінде)
7. РГП «Казгидромет». Түркістан облысы бойынша гидрометеорологиялық деректер (1980–2024 жж.): Нұр-Сұлтан, 2024 (орыс тілінде)
8. ҚазҒЗСШИ. Түркістан облысындағы жерасты сулары деңгейінің гидрогеологиялық мониторингі (2010–2023 жж.): Алматы, 2023. 148 б. (орыс тілінде)
9. ТүркестанГеоЖоба ЖШС. Түркістан, Кентау, Жетісай қалаларындағы инженерлік-геологиялық зерттеулер: техникалық есеп, серия ГПИ-1027/22, Түркістан, 2022. 96 б. (орыс тілінде)
10. Ержанова А.Т., Мукашева А.К. Оңтүстік Қазақстан топырағының климаттық өзгерістер жағдайындағы геофизикалық сипаттамасы // ҚазҰТЗУ Хабаршысы. 2021. № 3 (137). Б. 45–51 (орыс тілінде)
11. Турсунов М.Б., Шарипов Д.С. Суландырылған аймақтарда ғимараттардың тұрақтылығына жерасты суларының көтерілуінің әсері // Қазақстан геотехникасы. 2022. № 2 (14). Б. 33–41 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Jumabekov A.K., Baimurzayev T.R. Geofizicheskie metody v monitoringe pochvennogo sostoyaniya [Geophysical methods in soil condition monitoring], Almaty: KazNU, 2021. 112 p. (in Russian)
2. Smith D., Hightower L. Manifestation of urban geophysical vulnerability under climate stress // Ecological Geoscience. 2020. V. 28. No. 4. 221–236 pp. (in English)
3. Jones E., Patel R. Soil loss in urban environments under climate impact: mechanisms and prevention // Environmental Science and Policy. 2021. V. 120. 45–58 pp. (in English)

4. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2021: Impacts, Adaptation and Vulnerability*: Cambridge: Cambridge University Press, 2022. 367 p. (in English)
5. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *Global Soil Salinity Map (GSALmap) version 1.0*: Rome: FAO, 2021. 56 p. (in English)
6. Martinez G., Thompson D. Urban groundwater dynamics in arid regions under a changing climate // *Hydrology and Earth System Sciences*. 2023. V. 27. No. 2. 1101–1115 pp. (in English)
7. RGP «Kazgidromet». *Gidrometeorologicheskie dannye po Turkestanskoi oblasti [RSE «Kazhydromet». Hydrometeorological data for Turkestan Region (1980–2024)]*, Nur-Sultan, 2024 (in Russian)
8. KazNIIVKh. *Gidrogeologicheskii monitoring urovnya gruntovykh vod v Turkestanskoi oblasti (2010–2023 gg.) [KazSRWH. Hydrogeological monitoring of groundwater levels in Turkestan Region (2010–2023)]*, Almaty: Kazakhskii nauchno-issledovatel'skii institut vodnogo khozyaistva, 2023. 148 p. (in Russian)
9. TurkestanGeoProekt. *Inzhenerno-geologicheskie issledovaniya po gorodskoi zastroiike [TurkestanGeoProject. Engineering-geological investigations for urban development]*, Turkestan, Kentau, Zhetysai: Tech. report, series GPI-1027/22, Turkestan, 2022. 96 p. (in Russian)
10. Erzhanova A.T., Mukasheva A.K. *Geofizicheskaya kharakteristika gruntov yuzhnogo Kazakhstana v usloviyakh klimaticheskikh izmenenii [Geophysical characteristics of soils in southern Kazakhstan under climate change conditions]*, Vestnik KazNTU [Bulletin of KazNTU]. 2021. No. 3 (137). 45–51 pp. (in Russian)
11. Tursunov M.B., Sharipov D.S. *Vliyanie pod"ema urovnya gruntovykh vod na ustoichivost' zdanii v usloviyakh oroshaemykh territorii [Impact of rising groundwater levels on building stability in irrigated areas]*, Geotekhnika Kazakhstana [Geotechnics of Kazakhstan]. 2022. No. 2 (14). P. 33–41 pp. (in Russian)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жумабеков А.К., Баймурзаев Т.Р. *Геофизические методы в мониторинге почвенного состояния*: Алматы: КазНУ, 2021. 112 с. (на русском языке)
2. Смит Д., Хайттауэр Л. *Проявление городской геофизической уязвимости при климатическом стрессе // Экологическая геонаука*. 2020. Т. 28. № 4. С. 221–236 (на английском языке)
3. Джонс Э., Пател Р. *Потеря почвы в городской среде под воздействием климата: механизмы и предотвращение // Экологическая наука и политика*. 2021. Т. 120. С. 45–58 (на английском языке)
4. *Межправительственная панель по изменению климата. Изменение климата 2021: Влияния, адаптация и уязвимость*: Кембридж: Издательство Кембриджского университета, 2022. 367 с. (на английском языке)
5. *Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО). Глобальная карта солености почв (GSALmap) версия 1.0*: Рим: Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций, 2021. 56 с. (на английском языке)
6. Мартинез Г., Томпсон Д. *Динамика городских подземных вод в аридных регионах в условиях изменчивого климата // Гидрология и науки о земной системе*. 2023. Т. 27. № 2. С. 1101–1115 (на английском языке)
7. РГП «Казгидромет». *Гидрометеорологические данные по Туркестанской области (1980–2024 гг.)*: Нур-Султан, 2024 (на русском языке)
8. КазНИИВХ. *Гидрогеологический мониторинг уровня грунтовых вод в Туркестанской области (2010–2023 гг.)*: Алматы: Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства, 2023. 148 с. (на русском языке)
9. ТуркестанГеоПроект. *Инженерно-геологические исследования по городской застройке: Туркестан, Кентау, Жетысай: техн. отчет, серия ГПИ-1027/22*, Туркестан, 2022, 96 с. (на русском языке)
10. Ержанова А.Т., Мукашева А.К. *Геофизическая характеристика грунтов южного Казахстана в условиях климатических изменений // Вестник КазНТУ*. 2021. № 3 (137). С. 45–51 (на русском языке)
11. Турсунов М.Б., Шарипов Д.С. *Влияние подъема уровня грунтовых вод на устойчивость зданий в условиях орошаемых территорий // Геотехника Казахстана*. 2022. № 2 (14). С. 33–41 (на русском языке)

Information about the authors:

Jarmukhanbetova D., Senior Lecturer of the Department of History and Geography in Education, Muhammad Haidar Dulati Taraz Regional University (Taraz, Kazakhstan), Dana_baiserik@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-1430-1079>

Baikeyeva L.T., Senior Lecturer of the Department of History and Geography in Education, Muhammad Haidar Dulati Taraz Regional University (Taraz, Kazakhstan), Umka_b.l@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-1222-8430>

Tulegenov E., Ph.D, Acting assoc.Professor, Head of the Department of Geography, Kazakh National Women's Pedagogical University, (Almaty, Kazakhstan), e.tulegenov@gyzpu.edu.kz; <https://orcid.org/0000-0003-4586-9642>

Baeshova K., teacher of the Department of Ecology and Chemistry Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkistan, Kazakhstan), kulaikhan.bayeshova@ayu.edu.kz; <https://orcid.org/0009-0000-4631-3801>

Авторлар туралы мәліметтер:

Джармуханбетова Д., «Білім берудегі Тарих және география» кафедрасының аға оқытушысы, Мұхаммед Хайдар Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті (Тараз қ., Қазақстан)

Байкеева Л.Т., «Білім берудегі Тарих және география» кафедрасының аға оқытушысы, Мұхаммед Хайдар Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті (Тараз қ., Қазақстан)

Түлегенов Е., Ph.D, м. а. ассоц.профессор, меңгеруші, каф. «География», Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті (Алматы қ., Қазақстан)

Баешова К., Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінің Экология және химия кафедрасының оқытушысы (Түркістан қ., Қазақстан)

Информация об авторах:

Джармуханбетова Д., ст. преподаватель кафедры «История и география в образовании», Таразский региональный университет им. Мухаммеда Хайдар Дулати (г. Тараз, Казахстан)

Байкеева Л.Т., ст. преподаватель кафедры «История и география в образовании», Таразский региональный университет им. Мухаммеда Хайдар Дулати (г. Тараз, Казахстан)

Түлегенов Е., Ph.D, и. о. ассоц. профессор, зав. каф. «География», Казахский национальный женский педагогический университет (г. Алматы, Казахстан)

Баешова К., преподаватель кафедры «Экология и химия» Международного казахско-турецкого университета им. Ходжи Ахмеда Ясави (г. Туркестан, Казахстан)



**XX-ая МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО
КОМПЛЕКСА И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕДР**

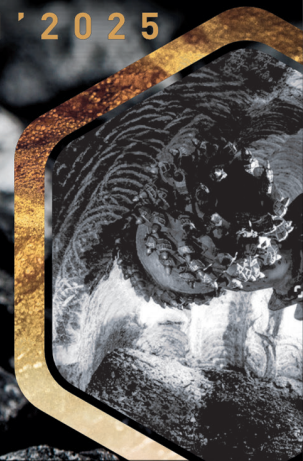
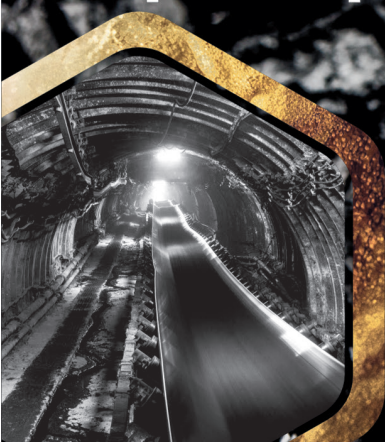


Mining Week

KAZAKHSTAN' 2025

24-26.06.2025

[КАРАГАНДА] [КАЗАХСТАН]



TOO «TNT EXPO»

+7 (727) 344 00 63

mintek@tntexpo.kz

mining.week.kazakhstan



MININGWEEK.KZ