

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2026-1-71-83.7>

МРНТИ 87.21.02

ӨОЖ 504.53

Г. А. Мұқанова¹, Б. Е. Шимшиков², Т. А. Базарбаева³,
А. А. Ошақбай⁴, Қ. Қ. Қырғызбай⁵, У. Т. Амангазиева^{*6}

¹ Б. ғ. к., қауымдастырылған профессор (Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; gulzhanatmukanova@gmail.com)

² Б. ғ. к., қауымдастырылған профессор (Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; bshimshikov@gmail.com)

³ Г. ғ. к., профессор (Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; tursynkul.bazarbayeva@gmail.com)

⁴ Аға оқытушы (Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; aitu.oshakbay@gmail.com)

⁵ PhD, доцент-зерттеуші (Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; kyrgyzbay.kudaibergen@gmail.com)

^{6*} Доктарант (Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; uldarina9797@mail.ru)

АЛМАТЫ ҚАЛАСЫ ТОПЫРАҒЫНЫҢ МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІН ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Мақалада Алматы қаласы топырақ жамылғысын зерттеу үшін оның морфологиялық сипаттамасы, физика-химиялық қасиеттері және механикалық (гранулометрлік) құрамы талданған. Қала топырағының физика-химиялық қасиетін талдау үшін топырақ кескіндері қазылды. Топырақ кескіні таулы қара топырақта, орманды-шалғынды, аз гумусты, ауыр құмбалшықты, ірі шаңды, сары-қоңыр түсті элювиальды-делювиальды жыныстарда сонымен қатар таулы күңгірт қара-қоңыр және таулы сұр қара-қоңыр топырақтарда қазылды. Топырақ кескіндерінің гранулометриялық құрамы ұсақ дисперсті фракциялардың (<0,01 мм) басымдығымен сипатталады (41–51%), бұл топырақтың орташа және ауыр механикалық құрамға жататынын көрсетеді. Су физикалық қасиеті бойынша көлемдік салмақ 0,96–1,43 г/см³, ал жалпы кеуектілік 38–59% аралығында өзгеріп, орманды аймақ топырақтарының су ұстау қабілеті жоғары болды. Топырақтың агрохимиялық қасиеті бойынша гумус мөлшері 1,44–6,21% аралығында өзгеріп, ең жоғары көрсеткіш Баум тоғайының топырағында анықталды. Қоректік элементтердің жылжымалы формалары жоғарғы қабаттарда шоғырланып, тереңдеген сайын азаю үрдісі байқалды, бұл топырақтың биологиялық белсенділігі мен табиғи құнарлылық деңгейін көрсетеді.

Түйін сөздер: қала топырағы, морфологиялық сипаттама, топырақ кескіні, гранулометриялық құрамы, жылжымалы және жалпы қоректік элементтер, құрылым, көлемдік салмақ.

Кіріспе. Қазіргі жағдайда урбандалу үдерісінің қарқынды дамуы және өнеркәсіп өндірісінің өсуі қоршаған ортаны қорғау мен табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану мәселелерінің маңыздылығын арттыруда. Қалалық экожүйенің ең осал құрамдас бөліктерінің бірі – топырақ жамылғысы, өйткені ол ластаушы заттарды жинақтап, қалалық ортаның экологиялық жағдайын төмендетеді. Алматы қаласы республиканың оңтүстік-шығысында, Іле Алатауының етегінде орналасқан. Алматының климаты континентальды сипатта және тау-аңғарлық ауа айналымының әсерімен ерекшеленеді, бұл әсіресе таулы беткейлердің жазыққа өтпелі аймағында орналасқан қаланың солтүстік бөлігінде айқын байқалады [1].

Қаланың топырақ жамылғысы құрылымы толықтай Іле Алатауының биіктік белдеулігімен анықталады: биіктік артқан сайын табиғи-климаттық аймақтар мен белдеулер, соған сәйкес топырақ пен өсімдік жамылғысы да өзгереді. Жоғарғы бөлігінде орналасқан Медеу шатқалы шалғынды-орманды дала аймағына жатады және мұнда шайылған қара топырақтар, орманды-даланың күңгірт сұр топырақтары мен таулы орманды-шалғынды топырақтар таралған.

Төменірек, теңіз деңгейінен 1000–1200–1400 м биіктікте далалық тау етегі аймағы орналасқан, ол бірнеше белдеуден тұратын қара топырақты жоғары тау етегі белдеуі және 750–1000 м биіктіктен басталатын тау етегіндегі күңгірт қарақоңыр топырақтар белдеуімен сипатталады [2].

Алматы қаласы топырақтары ұзақ уақыт бойы антропогендік әсерге ұшыраған. Қалаларда табиғи топырақ қабаттары сырттан әкелінген топырақ қабаттарымен жабылған және асфальт, бетон, тас төсемдер сияқты қатты жабындар арқылы атмосфералық ауадан оқшауланған, сонымен қатар, ауадағы химиялық ластанушы заттарды сіңіреді. Топырақтың өзін-өзі тазарту қарқыны су мен ауа сияқты қозғалмалы орталарға қарағанда әлдеқайда төмен, сондықтан оған бір рет түскен заттар ұзақ уақыт бойы өсімдіктерге зиян келтіруі мүмкін [2].

Алматы қаласы Қазақстандағы ең ірі мегаполистердің бірі бола отырып, халық тығыздығының жоғарылығымен, автокөлік қозғалысының көптігімен және өнеркәсіптік әрі коммуналдық-тұрмыстық нысандардың алуан түрлілігімен ерекшеленеді [3]. Осы факторлар топырақ жамылғысына күрделі техногендік жүктеме түсіріп, ауыр металдардың, мұнай өнімдерінің және басқа да улы қосылыстардың жиналуына әкеледі. Нәтижесінде топырақтағы табиғи процестер бұзылып, биологиялық белсенділік пен экожүйелердің тұрақтылығы төмендейді.

Қалалық топырақтар – үйінді немесе араласқан топырақтардан түзілген, құрамында құрылыс және тұрмыстық қалдықтар жиі кездесетін, техногендік тұрғыдан қатты өзгеріске ұшыраған күрделі түзілімдер болып табылады. Бұл олардың гранулометриялық құрамының әркелкі болуына және физика-химиялық қасиеттерінің қалыптан тыс өзгеруіне себеп болады [4]. Қала аумағында, әсіресе орталық бөлігінде асфальтталған беттердің көбеюі жер беті суларының топыраққа сіңуін төмендетіп, аудандардың су басуына әкеледі [5, 6]. Осыған байланысты Алматы қаласының топырақ жамылғысын зерттеу өзекті мәселелердің бірі болып табылады.

Алматы қаласы топырағының морфологиялық сипаттамасы, физика-химиялық қасиеттері мен гранулометрлік құрамына қатысты бұрынғы зерттеулер қала шекарасы кеңейгенге дейін және халық саны 1,5 млн-нан аз болған кезеңде жүргізілген. Қала топырақтарының осы көрсеткіштер бойынша жеткілікті деңгейде зерттелмеуі мәліметтерді жаңарту қажеттілігін туындатады.

Бұрын жүргізілген зерттеулерде қазіргі урбандалу үдерісінің табиғи орта компоненттеріне әсері және мырыш, мыс, қорғасын сияқты ауыр металдардан топырақтың ластану қарқыны қарастырылған. Бірақ Алматы қаласы топырағының 8 аудан (Алмалы, Алатау, Медеу, Жетісу, Наурызбай, Бостандық, Түркісіб, Әуезов) бойынша морфологиялық, физика-химиялық жағдайы көп зерттелмеген және топырақтың ластануы жылдан жылға артуда. Осыған орай Алматы қаласы топырақ жамылғысын зерттеу мәліметтерін жаңа шекаралар аясында жаңарту қажет.

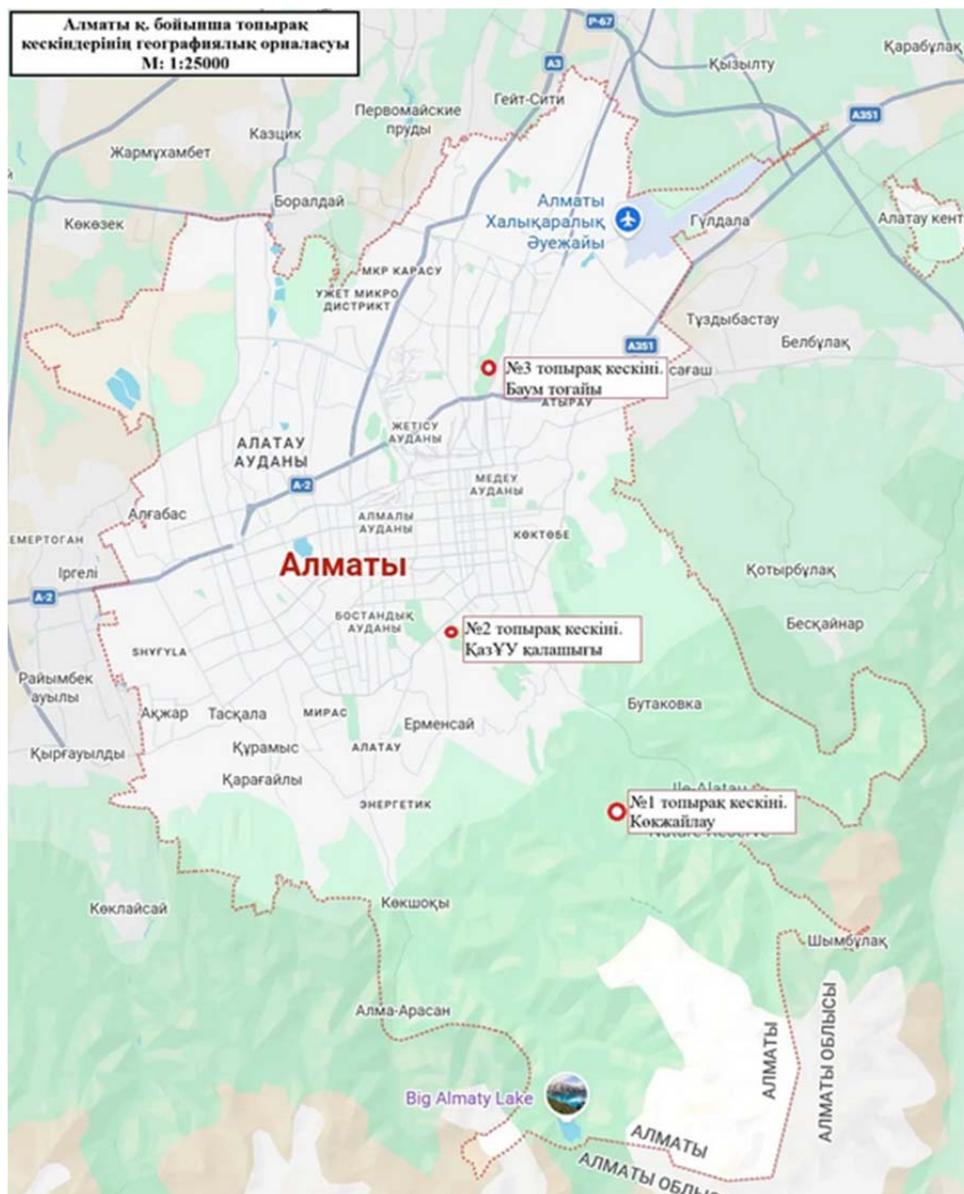
Зерттеу мақсаты – Алматы қаласы урбандалған топырақтарының морфологиялық және физика-химиялық қасиеттерін зерттеу.

Зерттеу әдістері және материалдар. Зерттеу нысаны – Алматы қаласының урбандалған (қалалық) топырақтары. Қалада, қоңыр және қара-қоңыр топырақтар, шалғынды-қоңыр топырақтар, сондай-ақ тау етегі мен таулы аймақтарда қалыптасатын таулы-шалғынды топырақ кешендері кездеседі. Қаланың солтүстік бөлігі, яғни Алатау, Жетісу және Түркісіб аудандарының шағын аумақтарын қамтитын аймақ, негізінен кәдімгі және солтүстік сұр топырақтармен сипатталады. Бұл топырақтар құрғақ климат жағдайында және табиғи өсімдік жамылғысы әлсіз ортада қалыптасады, гумус мөлшерінің төмен болуымен ерекшеленеді және көбіне тұрғын үй мен өндірістік құрылысқа, көлік дәліздеріне, сондай-ақ қала маңындағы ауыл шаруашылығына пайдаланылады.

Алатау, Жетісу және Түркісіб аудандарының едәуір бөлігінде карбонатты сұр-қоңыр қалыпты топырақтар таралған. Алматы қаласының орталық бөлігінде, соның ішінде Алмалы ауданы мен оған іргелес аумақтарда, шалғынды-сұр топырақтар және құрылыс пен шаруашылық қызметтің қарқынды әсерінен күшті трансформацияға ұшыраған урбандалған топырақ кешендері кездеседі. Бұл жерде топырақ кескіні өзгерген, су режимі бұзылған, ал топырақ құнарлылығын агротехникалық және мелиоративті әдістерді қолдану арқылы көтеру керек.

Қаланың оңтүстік аудандары, соның ішінде Наурызбай, Бостандық және Медеу аудандары топырақ жамылғысының әртүрлілігімен сипатталады. Тау етегі белдеуінде органикалық заттарға бай, бау-бақша, саябақ және рекреациялық аймақтар үшін қолайлы күңгірт қара-қоңыр және шалғынды-қара-қоңыр топырақтар басым таралған. Іле Алатауының беткейлері бойымен жоғары көтерілген сайын гумус мөлшері жоғарылайды, құрылымы жақсы және су-физикалық қасиеттері қолайлы таулы-шалғынды қара топырақтар мен қара түсті топырақтар кездеседі. Бұл аймақтарда құнарлы шалғындар, бақтар мен жайылымдар қалыптасады.

Медеу ауданының ең биік таулы бөліктерінде қоректік заттар мөлшері салыстырмалы түрде төмен болғанымен, биік таулы экожүйелердің қалыптасуында, биоалуантүрлілікті сақтауда және



1-сурет – Топырақ кескіндері орналасқан аймақ

Figure 1 – Area of soil profile locations

таулы өзендерді қоректендіруде маңызды рөл атқаратын таулы-шалғынды субальпілік және альпілік топырақтар таралған.

Осылайша, Алматы қаласының топырақ жамылғысы айқын биіктік белдеулікке ие: тау етегіндегі сұр топырақтардан бастап биік таулардың таулы-шалғынды топырақтарына дейін өзгереді. Бұл құрылым климатпен, жер бедерімен және гидрографиялық жағдайлармен тығыз байланысты және әрбір аудан аумағындағы жер пайдаланудың ерекшелігін анықтайды. Сұр топырақтар мен урбандалған топырақ кешендері тығыз құрылыс пен өнеркәсіп шоғырланған аймақтарда орналасса, тау етегі мен таулы аумақтардың құнарлы топырақтары бау-бақша шаруашылығы, рекреация және табиғатты қорғау қызметі үшін негіз болып табылады [7-9].

Топырақ үлгілерінде талдаулар жалпы қабылданған әдістемелер бойынша жүргізілді: гранулометриялық және микроагрегаттық құрам – Н. А. Качинский әдісімен; жалпы гумус, гумустың топтық және фракциялық құрамы – И. Тюрин бойынша; жалпы азот – Кельдаль әдісімен; карбонаттардың көмірқышқыл газы – Гейслер-Максимюк бойынша; агрегаттық талдау – Саввинов бойынша; максималды гигроскопиялық ылғалдылық – Митчерлих бойынша; топырақтың қатты фазасының салмағы – пикнометриялық әдіспен; көлемдік тығыздығы – Некрасов бұрғысымен;

топырақ ылғалдылығы - салмақтық әдіспен; су өткізгіштігі – Н. С. Нестеров аспабымен (есеп алаңы 0,1 м², су қысымы 5 см); далалық ылғал сыйымдылығы – ылғалдылықты анықтау арқылы; жылжымалы фосфор – Мачигин әдісімен; жылжымалы калий – Протасов бойынша; гидролизденетін азот – Тюрин мен Кононова бойынша; жалпы фосфор – Памбертон әдісімен; [10, 11] Топырақ кескінінің морфологиялық сипаттамасы профильдік әдіспен жасалды [12, 13].

Жобаның қойылған мақсаттарына қол жеткізу және ғылыми тұрғыдан негіздеу үшін картографиялық, статистикалық, топырақтанудың жалпы қабылданған әдістері қолданылды.

Қала топырағы ұзақ уақыт бойы жүріп жатқан үдерістер мен өзгерістер туралы ақпаратты өзінде жинақтайды. Сондықтан топырақтың физика-химиялық қасиетін талдау урбоэкожүйенің жағдайын бағалаудағы ең маңызды міндеттердің бірі болып табылады. Қала аумағынан алынған топырақ үлгілері талдау Ө. Ө. Оспанов атындағы Қазақтың топырақтану және агрохимия ғылыми зерттеу институтының аналитикалық зертханасында жүргізілді.

Нәтижелері. Топыраққа морфологиялық сипаттама жасау үшін, физика-химиялық қасиеті мен механикалық (гранулометрлік) құрамын талдау мақсатында олардың тік зоналылығын бейнелейтін топырақ кесінділері қазылды. Төменде олардың сипаттамасы берілген.

Таулы қара топырақ кескіні оңтүстік-шығыс экспозициялы жайпақ таулы беткейде қазылды. Жер бедерінің еңістігі шамамен 10° (2-сурет), өсімдік жамылғысы Тянь-Шань шыршасы, қайың, көктерек, талдан құралған аралас орман. Шөптесін өсімдіктерден әртүрлі шөпті-астық тұқымдас-ты – ормандық қысқааяқ, қоңырбас, бетеге, балдырған, орман қазтамыры, қалақай, қияқ және басқада түрлер кездеседі. Шөптесін өсімдіктер жамылғысының проективтік жабындысы – 100%. Гумустық А+В қабатының қалыңдығы 60 – 100 см. Карбонаттардың бөлінуі 100 см-ден терең қабатта байқалады.



2-сурет – Көкжайлау ауданындағы топырақ кескіні

Figure 2 – Soil profile in the Kokzhaylau area

Топырақ – таулы қара топырақ, орманды-шалғынды, аз гумусты, ауыр саздақты, ірі шаңды, сары-қоңыр түсті элювиальды-делювиальды жыныстарда қалыптасқан.

0–2 см тереңдіктегі А₀₁ қабатында топырақтың морфологиялық сипаттамасы жартылай ыдыраған өсімдік қалдықтары мен ұсақ бұтақтардан тұратын төсеніш қабаты.

2–11 см А₁ қабаты қою сұрдан қара түске дейін, құрғақ, өсімдік тамырлары тығыз, құрылымы жақсы айқындалған, ірі түйіршікті, әлсіз тығыздалған, ауыр құмбалшық, НСІ әсерінен әлсіз қайнайды, келесі қабатқа біртіндеп өтеді.

11–28 см А₂ қабаты қою сұр түсті, қалыпты ылғалды, тығыздалған, түйіршікті-ұсақ кесекті, өсімдік тамырларымен торланған, ауыр құмбалшық, келесі қабатқа біртіндеп өтеді.

28–60 см АВ қабаты сұр-қара түсті, қоңырлау реңкті, қалыпты ылғалды, өсімдік тамырлары сирек, тығыздау, құрылымы кесекті, ауыр құмбалшық, келесі қабатқа біртіндеп өтеді.

60–100 см В₁ қабаты қою сұр түсті, қоңырлау реңкті, өсімдік тамырлары сирек кездеседі, тығыз, әлсіз кесекті, топырақ құрттарының сирек жүрістері байқалады, ауыр құмбалшық, түсі бойынша келесі қабатқа өтуі айқын емес.

100–120 см В₂ қабаты сарғыш-қоңыр түсті, қалыпты ылғалды, өте тығыз, өсімдік тамырлары жоқ, құрылымы әлсіз айқындалған, ауыр құмбалшық.

120–150 см С қабаты сарғыш-ақшыл түсті, ылғалды, өте тығыз, карбонаттардың тарамдары байқалады, құрылымы айқын емес, ауыр құмбалшық, сирек тастар кездеседі.

Күңгірт кара қоңыр топырақ кескіні (3-сурет) сұрғылт-кара түсті топырақта қазылды. Абсолюттік биіктігі – 869 м. Топырақ кескіні нүктесінің координаттары: N – 43°13,405', E – 76°05,119'. Бақ аумағының беті тегістелген, алма ағаштарының астындағы шөптесін өсімдіктер жамылғысы павлониямен (Шан Тонг сорты, гибрид), жоңышқа, беде, шалғындық бетеге, бақбақ және басқада түрлермен ұсынылған. Шөптесін жамылғысының проективтік жабындысы шамамен 90% құрайды.



3-сурет – Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті аумағындағы топырақ кескіні

Figure 3 – Soil profile within the territory of Al-Farabi Kazakh National University

Агроландшафт болған соң алма өсіру, топырақтың бетін тегістеу үшін үстіне құнарлы топырақ қабатын әкеліп төсеген. Сондықтан топырақтың жоғарғы қабаты үйінді қабаттан құралған.

0–10 см тереңдіктегі А₁ қабатында топырақтың морфологиялық сипаттамасы үйінді гумустық қабат, сұрғылт-кара түсті, ылғалды (жауыннан кейін), әлсіз тығыздалған, құрылымы кесекті, НСІ әсерінен қайнайды, ауыр құмбалшықты, төменгі қабатқа өтуі айқын көрінеді.

10–18 см А₂ қабаты күңгірт сұр түсті, құрғақ, тығыз, шөптесін өсімдіктердің ұсақ тамырлары кездеседі, құрылымы ұсақ кесекті, қабатталған, НСІ әсерінен әлсіз қайнайды, ауыр құмбалшықты, келесі қабатқа біртіндеп өтеді.

18–38 см В қабаты күңгірт қоңыр түсті, құрғақ, өте тығыз, құрылымы айқын емес, өсімдік тамырлары сирек кездеседі, НСІ әсерінен әлсіз қайнайды, орташа құмбалшықты, келесі қабатқа біртіндеп өтеді.

38–70 см С қабаты сарғыш-боз түсті, құрғақ, өте тығыз (лесс), құрылымсыз, өсімдік тамырларының жекелеген талшықтары кездеседі, НСІ әсерінен қарқынды қайнайды.

Сұр кара – қоңыр топырақ кескіні Алматы қаласындағы мемлекеттік табиғи ескерткіш Баум тоғайында қазылды (4-сурет). Топырақ кескіні салынған орынның абсолюттік биіктігі 723 м, координаттары: N – 43°18,219', E – 76°56,927'. Жер бедері – жайпақ еңісті тау етегіндегі жазық. Негізгі ағаш түрлері әртүрлі жастағы үйеңкі, емен, қайың, шаған, сирегірек терек, қарағаш кездеседі. Ағаштар астындағы шөптесін өсімдіктер жамылғысы пиязшықты қоңырбас, қияқша, астрагал, ақ құлқайыр және басқа түрлермен ұсынылған. Жер бетінің жалпы проективтік жабындысы 50–60% құрайды. Топырағы – делювиальды орташа құмбалшықты жыныстарда қалыптасқан урбандалған күңгірт кара-қоңыр түсті, ауыр құмбалшықты топырақ.



4-сурет – Баум тоғайы аумағындағы топырақ кескіні
 Figure 4 – Soil profile within the territory of Baum Grove

Топырақ – сұр-қоңыр түсті орман топырағы, жеңіл құмбалшықты. Қаланың солтүстік бөлігінде Сүйінбай, Сейфуллин және Рысқұлов даңғылдарының арасында орналасқан бірегей орман кешені. Оның аумағы 137,7 гектарды құрайды. Тоғайдың жанынан Үлкен Алматы каналы ағып өтеді. 2006 жылдан бастап тоғай республикалық маңызы бар ерекше қорғалатын табиғи аумақ мәртебесіне ие. Баум тоғайындағы топырақ жамылғысы 130 жылдан астам уақыт бойы ағаш өсімдіктерінің астында қалыптасуы нәтижесінде зоналық қоңыр топырақпен салыстырғанда өзгерістерге ұшыраған. Біріншіден, ағаш өсімдіктерінің астында атмосфералық ауасы ылғалдырақ болатын микроклимат қалыптасады, екіншіден, топыраққа өсімдік қалдықтары әлдеқайда көп түседі. Топырақ профилінің морфологиялық белгілерінде, су-физикалық және химиялық қасиеттерінде өзгерістер байқалады.

0–4 см тереңдіктегі А₁ қабатында топырақтың морфологиялық сипаттамасы қара түсті, ылғалды, борпылдақ, ағаш және шөптесін өсімдіктердің тамырлары бар, құрылымы шанды-ұсақ кесекті, жеңіл құмбалшықты, НСІ әсерінен қайнамайды, төменгі қабатқа өтуі түсі мен тығыздығы бойынша айқын байқалады.

4–17 см А₂ қабаты сұрғылт-қара қоңыр түсті, қалыпты ылғалды, тығыздалған, өсімдік тамырлары кездеседі, құрылымы кесекті-түйіршікті, жеңіл құмбалшықты, НСІ әсерінен қайнамайды, келесі қабатқа біртіндеп өтеді.

17–32 см АВ қабаты сұр-қара қоңыр түсті, қалыпты ылғалды, тығыз, ағаш өсімдіктерінің тамырлары және шөптердің ұсақ тамыр талшықтары бар, құрылымы түйіршікті-кесекті, орташа саздақты, НСІ әсерінен қайнамайды, келесі қабатқа біртіндеп өтеді.

32–57 см В₁ қабаты сұр-боз түсті, қалыпты ылғалды, тығыз, ағаш өсімдіктерінің тамырлары бар, құрылымы кесекті-шанды, орташа саздақты, НСІ әсерінен қайнамайды, келесі қабатқа біртіндеп өтеді.

57–75 см В₂ қабаты сұр-боз түсті, қалыпты ылғалды, тығыз, құрылымы шанды-кесекті, тек ағаш өсімдіктерінің тамырлары ғана кездеседі, ауыр құмбалшықты, НСІ әсерінен қайнамайды, келесі қабатқа біртіндеп өтеді.

75–120 см С қабаты сарғыш-боз түсті, қалыпты ылғалды, тығыз, ағаш өсімдіктерінің тамырлары бар, құрылымы шанды-ірі кесекті, НСІ әсерінен қайнамайды, ауыр құмбалшықты.

Талқылау. Топырақ үлгілерінің гранулометриялық құрамы профиль бойынша біршама тұрақты сипатқа ие. Зерттелген қабаттарда <0,01 мм өлшемді ұсақ дисперсті фракциялар үлесі 49,5–51,3% аралығында өзгеріп, топырақтың негізінен ауыр механикалық құрамды екенін көрсетеді. Бұл көрсеткіштер топырақтың шанды-тұнбалы фракцияларға бай екенін және су ұстау қабілетінің жоғары болуын айқындайды (4-кесте).

1-кесте – Алматы қаласы топырақтарының гранулометриялық құрамы
Table 1 – Particle-size (granulometric) composition of soils in the city of Almaty

№	Үлгі алу орны	Тереңдігі, см	А.С.Н., % H ₂ O	Абсолютті құрғақ топыраққа шаққандағы фракция мөлшері, %						
				Фракция өлшемдері, мм						
				Құм		Шаң			Тұнба	< 0,01 мм өлшемді үш фракцияның қосындысы
				1,0-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	
1	Р – №1 Бақылау Көкжайлау 30.08.2025	0-11	3,16	0,702	0,578	49,153	18,587	20,653	10,326	49,566
2		11-28	3,40	0,642	19,441	28,986	15,321	19,462	16,149	50,932
3		28-60	3,36	2,070	0,662	45,944	16,970	21,109	13,245	51,325
4		60-100	3,10	1,053	2,353	47,059	16,099	21,878	11,558	49,536
5		100-120	3,16	0,847	2,912	45,849	16,935	22,305	11,152	50,392
6	Р – №2 ҚазҰУ-град 02.08.2025	0-10	2,94	2,926	3,936	46,157	14,424	18,957	13,600	46,981
7		10-18	3,66	2,014	2,491	47,332	14,532	19,514	14,117	48,163
8		18-38	3,42	4,597	5,115	46,386	11,182	19,466	13,253	43,901
9		38-70	2,58	5,789	9,628	43,523	13,139	18,066	9,854	41,059
10	Р – №3 Баум тоғайы 20.09.2025	0-4	2,88	20,572	21,767	26,771	13,591	14,003	3,295	30,890
11		4-17	2,34	27,340	19,414	25,394	11,059	12,288	4,505	27,852
12		17-32	1,82	25,138	24,343	25,260	9,778	11,815	3,667	25,260
13		32-57	1,82	26,197	24,099	26,482	8,148	10,185	4,889	23,223

Жоғарғы 0–11 см қабатта құм фракцияларының (1,0–0,25 мм және 0,25–0,05 мм) мөлшері төмен деңгейде болып, негізгі үлесті 0,05–0,01 мм шаң фракциясы (49,15%) мен тұнба фракциялары (20,65%) құрайды. Бұл қабатта ұсақ түйіршікті құрылымның қалыптасуына органикалық қалдықтардың әсері байқалады.

Құм фракцияларының үлесі 11–28 см тереңдікте біршама артқанымен, (<0,01 мм) фракциялар жиынтығы 50,93% деңгейінде сақталып, ауыр құмбалшықты типке тән көрсеткіштерді көрсетеді. Ортаңғы қабаттарда (28-60 және 60-100 см) ұсақ бөлшектердің басымдығы тұрақты сақталып, шаң фракциясы 45-47% аралығында ауытқиды. Бұл топырақ түзілу процесінде ұсақ механикалық элементтердің жиналу үрдісінің басым екенін дәлелдейді. Төменгі 100–120 см қабатта да дисперсті фракциялар жоғары деңгейде қалып, 50,39 %-ға жетеді. Мұндай құрылым топырақтың тығыздануға бейімділігін арттырып, су өткізгіштігінің орташа немесе төмен болуына ықпал етуі мүмкін.

Зерттелген топырақ кескінінің гранулометриялық құрамы тұрақты ауыр құмбалшықты типке жатады. Ұсақ фракциялардың жоғары мөлшері топырақтың ылғал ұстау қабілетін күшейтеді, алайда ауа алмасуының шектелуіне және тығыздану қаупіне әкелуі ықтимал. Бұл жағдай өсімдіктердің тамыр жүйесінің дамуына әсер етіп, агротехникалық шараларды (қопсыту, органикалық тыңайтқыш енгізу) қажет ететінін көрсетеді.

Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ аумағындағы топырақ кескінінде барлық қабаттарда ұсақ дисперсті бөлшектердің басымдығы байқалады. 0–10 см қабатта шаң фракциясы – 46,2%, тұнба фракцияларының қосындысы – шамамен 47,0%, ал құм мөлшері өте аз, 10–18 см тереңдікте де осы заңдылық сақталып, шаң 47,3% мен тұнба 48,2% жетекші орын алады. 18–38 см қабатта құм үлесі сәл артқанымен, майда бөлшектер басым күйінде қалады. Кескін бойынша <0,01 мм фракциялардың жоғары мөлшері топырақтың ауыр құмбалшықты механикалық құрамға жататынын көрсетеді, бұл оның ылғал ұстағыштығы жоғары әрі тығыздануға бейім екенін дәлелдейді.

Баум тоғайындағы топырақ кескіні бойымен құм, шаң және тұнба фракциялары салыстырмалы түрде теңгерімді таралғанымен, майда дисперсті бөлшектердің (<0,01 мм) үлесі айтарлықтай жоғары 23,2–30,9 %. Жоғарғы 0–4 см қабатта шаң фракциясы басым 26,8%, ал тұнба қосындысы шамамен 30,9% құрайды. Тереңдеген сайын құм мөлшері біршама артқанымен 20,6–27,3%, тұнба фракцияларының үлесі 23–28% аралығында тұрақты сақталады. Бұл топырақ механикалық құрамы бойынша орташа құмбалшықты типке жатады, құрылымы салыстырмалы түрде қолайлы, су ұстау қабілеті жақсы және өсімдік жамылғысының қалыптасуына қолайлы.

Топырақ кескінің су-физикалық көрсеткіштері бойынша айқын айырмашылықтармен сипатталады, бұл олардың генетикалық типі мен табиғи жағдайларымен тікелей байланысты. Топырақтың қатты фазасының тығыздығы әртүрлі үлгі алу орындары мен тереңдікке байланысты өзгереді. Көкжайлау, орманды-дала белдеуінің қара топырағында 0–10 см қабатта қатты фазаның тығыздығы 2,95 г/см³ – салыстырмалы түрде жоғары, 20–30 см және 40-50 см қабаттарда бұл көрсеткіш 2,32 г/см³ деңгейіне дейін төмендейді. Жоғарғы қабатта минералдық бөлшектердің үлесі көбірек екенін, ал төменгі қабаттарда құрылымның біршама тұрақтанғанын көрсетеді.

ҚазҰУ, дала белдеуінің күңгірт қара-қоңыр топырағында 0–10 см және 10-20 см қабаттарда қатты фазаның тығыздығы 2,41 г/см³, 20–30 см қабатта 3,29 г/см³ дейін күрт жоғарылайды. Бұл қабатта карбонаттардың, ауыр минералдардың жиналуы немесе топырақтың тығыздалуы байқалуы мүмкін екенін көрсетеді.

Баум тоғайы, орманның сұр-қара-қоңыр топырағында 0–10 см қабатта – 2,33 г/см³, 10–20 см қабатта 2,56 г/см³ құрады. Тереңдік артқан сайын тығыздықтың біртіндеп өсуі байқалады, бұл органикалық заттардың үстіңгі қабатта көбірек болуына және төменгі қабаттардың минералдануы жоғары болуына байланысты деп санаймыз.

Көкжайлаудың қара топырағында көлемдік массасы 1,20–1,25 г/см³ аралығында өзгеріп, жалпы кеуектілік жоғары деңгейде (46–59%) байқалады (2-кесте).

2-кесте – Топырақтардың су-физикалық қасиеттері

Table 2 – Water-physical properties of soils

Үлгі алу орны, топырақ және қима №	Тереңдігі, см	Қатты фазаның массасы, г/см ³	Көлемдік салмақ, г/см ³	Жалпы кеуектілік, %	W, %	МГ, %	СЫ, %	СС, %
Р – №1 Бакылау Көкжайлау, орманды-дала белдеуінің қара топырағы 30.08.2025	0–10	2,95	1,20	59	6,30	6,9	9,68	27,6
	20-30	2,32	1,24	49	7,98	6,6	9,24	26,4
	40-50	2,32	1,25	46	8,28	6,5	9,10	26,0
Р – №2 ҚазҰУ, дала белдеуінің қара-қоңыр топырағы 02.08.2025	0-10	2,41	1,35	44	16,04	6,0	8,44	24,0
	10-20	2,41	1,40	42	7,23	5,9	8,28	23,8
	20-30	3,29	1,43	38	6,53	6,2	8,68	24,8
Р – №3 Баум тоғайы, орман астындағы сұр-қоңыр топырақ 20.09.2025	0-10	2,33	0,96	59	18,65	6,8	9,52	27,2
	10-20	2,56	1,08	58	7,13	6,9	9,68	27,6
	20-30	2,83	1,18	58	6,71	6,5	9,20	25,0

Бұл көрсеткіштер топырақтың борпылдақ құрылымын және ылғалды жақсы сіңіріп ұстай алу қабілетін көрсетеді. Ылғал сыйымдылығы мәндері 26,0–27,6% аралығында болуы өсімдіктер үшін қолжетімді ылғал қорының жеткілікті екенін дәлелдейді.

Қара-қоңыр топырақта көлемдік масса жоғарылау 1,35–1,43 г/см³, ал кеуектілік төмендеу 38–44% болып келеді. Бұл топырақтың салыстырмалы түрде тығыздалғанын және су өткізгіштік жағдайының нашарлауын көрсетеді. Ылғал сыйымдылығы көрсеткіштері 23,8–24,8% аралығында қалыптасып, алдыңғы кесіндімен салыстырғанда ылғал сыйымдылығының төмен екенін айғақтайды.

Баум тоғайы сұр-қоңыр топырақтарда көлемдік масса ең төмен мәндермен сипатталады 0,96–1,18 г/см³, ал жалпы кеуектілік тұрақты түрде жоғары деңгейде сақталған (шамамен 58–59%). Бұл топырақ құрылымының борпылдақ әрі су – ауа режимінің қолайлы екенін көрсетеді. Ылғал сыйымдылығы көрсеткіштерінің 25,0–27,6% аралығында болуы орман жағдайында ылғалдың жақсы жиналып, сақталатынын дәлелдейді. Орманды аумақтардағы топырақтарда су ұстау және ауа алмасу жағдайлары анағұрлым қолайлы болса, қалалық ортадағы қара-қоңыр топырақтарда тығыздалу әсерінен су-физикалық қасиеттердің нашарлау үрдісі байқалады.

Топырақтың агрохимиялық көрсеткіштері бойынша гумус пен негізгі қоректік элементтердің мөлшерінде айқын өзгешеліктер байқалады, бұл олардың табиғи жағдайлары мен жер пайдалану ерекшеліктерімен байланысты (3-кесте).

Көкжайлау қара топырағында гумус мөлшері жоғарғы қабатта 4,88 % құрап, тереңдік бойынша 1,78 %-ға дейін біртіндеп төмендейді. Азот көрсеткіштері 0,224–0,112% аралығында өзгеріп, органикалық заттарға бай екенін көрсетеді. Жылжымалы фосфор мөлшері 48,0–70,1 мг/кг шамасында болып, өсімдіктер үшін жеткілікті деңгейде анықталды, ал калий қоры профиль бойынша тұрақты жоғары мәндермен сипатталады.

3-кесте – Топырақтардың агрохимиялық көрсеткіштері

Table 3 – Agrochemical indicators of soils

№	Үлгі алу орны	Тереңдігі, см	Гумус, %	Азот		Фосфор		Калий	
				Жалпы, %	Жылжымалы, мг/кг	Жалпы, %	Жылжымалы, мг/кг	Жалпы, %	Жылжымалы, мг/кг
1	Р-1 Просвещенец шатқалы Көкжайлау 30.08.2025	0-11	4,88	0,224	48,0	0,24	29	2,602	220
2		11-28	2,32	0,182	70,1	0,18	40	2,101	190
3		28-60	1,78	0,112	63,0	0,12	66	2,201	220
4		60-100	–	–	–	0,41	92	2,602	210
5		100-120	–	–	–	0,42	106	2,101	340
6	Р-2 КазҰУ, Қара-қоңыр топырақ 02.09.2025	0-10	1,44	0,126	14,8	0,22	34	2,001	250
7		10-18	2,67	0,154	12,0	0,23	24	2,602	140
8		18-38	–	–	–	0,22	19	2,101	100
9		38-70	–	–	–	0,21	14	1,801	120
10	Баум тоғайы, орман астындағы сұр-қоңыр топырақ 20.09.2025	0-4	6,21	0,340	78,5	0,46	114	2,001	500
11		4-17	4,34	0,196	45,2	0,28	50	2,502	440
12		17-32	2,20	0,154	14,2	0,20	20	2,502	250
13		32-57				0,15	12	2,602	100

Топырақ кескіні генетикалық қабаттарға айқын жіктелген. Морфологиялық белгілер топырақтың түйіршікті және кесекті-түйіршікті құрылымға ие екенін, тығызданудың тереңдік бойынша біртіндеп артатынын көрсетеді. Өсімдік тамырлары жеткілікті тереңге енетіндіктен, гумусты қабат 100 см-ге дейін созылған. Гумус мөлшері 4,88 % құрайды, бұл қара топырақтар үшін төмен көрсеткіш болып саналады, сондықтан ол аз гумусты топырақтарға жатады.

Қара-қоңыр топырақта гумус мөлшері төмен (1,44–2,67%) және жалпы азот қоры шектеулі. Жылжымалы фосфордың аз мөлшері (12,0–14,8 мг/кг) бұл топырақтардың қоректік элементтермен әлсіз қамтамасыз етілгенін көрсетеді. Калий көрсеткіштері салыстырмалы түрде жеткілікті болғанымен, жалпы агрохимиялық құнарлылық деңгейі төмен болып бағаланады.

Баум тоғайындағы сұр-қоңыр топырақтарда гумус ең жоғары деңгейде жиналған (6,21%-ға дейін), сондай-ақ жалпы азот мөлшері де жоғары (0,340%). Бұл топырақтарда жылжымалы фосфор (45,2–78,5 мг/кг) мен калийдің мол болуы органикалық қалдықтардың белсенді ыдырауын және қоректік элементтердің қарқынды айналымын көрсетеді. Орманды аумақтағы топырақтар жоғары агрохимиялық құнарлылықпен ерекшеленсе, қалалық ортадағы қара-қоңыр топырақтарда гумус пен негізгі қоректік элементтердің азаю үрдісі антропогендік жүктеменің әсерін көрсетеді.

Урбандалу жағдайындағы топырақ деградациясының кешенді индексі анықтау. Алматы қаласы топырағының антропогендік трансформациялану дәрежесін сандық тұрғыдан бағалау мақсатында көлемдік масса, жалпы кеуектілік және гумус мөлшері негізінде урбандалу жағдайындағы топырақ деградациясының кешенді индексі (Urbanization Degradation Index – UDI) есептелді [14, 15].

Топырақтың физикалық (тығыздалу), құрылымдық (кеуектілік) және агрохимиялық (органикалық зат) қасиеттерінің өзгерісіндегі интегралды көрсеткіштерді біріктіруге мүмкіндік береді.

Индекс келесі формула бойынша анықталды:

$$UDI = \frac{1}{3} \left(\frac{\rho_b^{urb} - \rho_b^{ref}}{\rho_b^{ref}} + \left(1 - \frac{P^{urb}}{P^{ref}} \right) + \left(1 - \frac{H^{urb}}{H^{ref}} \right) \right),$$

мұндағы ρ_b – топырақтың көлемдік массасы г/см³; P – жалпы кеуектілік %; H – гумус мөлшері %; **ref** – табиғи эталон (Көкжайлау таулы қара топырағы); **urb** – урбандалған нысан (әл-Фараби атындағы ҚазҰУ аумағы).

Урбандалу әсері топырақтың жоғарғы қабаты гумус қабатында айқын байқалатын болғандықтан есептеу 0–10 см гумустық қабат бойынша жүргізілді.

Таулы қара топырақта көлемдік масса 1,20 г/см³, кеуектілігі 59 %, гумус мөлшері 4,88 % құраса, урбандалған қара-қоңыр топырақта сәйкесінше 1,35 г/см³, кеуектілігі 44 % және гумус мөлшері 1,44 % болды. Есептеу нәтижесінде урбандалу индексінің мәні 0,36 құрады.

$$UDI = 0,36.$$

Интерпретация градациясы

UDI мәні	Деградация деңгейі
< 0,20	Әлсіз
0,20–0,40	Орташа
0,40–0,60	Күшті
> 0,60	Өте күшті

Зерттеу нәтижесі бойынша интерпретациялық шкала топырақтың орташа деңгейдегі деградациясын сипаттайды.

Индекс құрылымының талдауы бойынша гумус мөлшерінің төмендеуі негізгі шектеуші фактор екені анықталды. Кеуектіліктің азаюы мен көлемдік массаның артуы топырақтың тығыздалу үрдісінің күшейгенін дәлелдейді.

Баум тоғайы топырақтарында гумус деңгейінің жоғары болуы, көлемдік массаның төмендігі және кеуектіліктің сақталуы урбандалу әсерінің төмен екенін анықтады. Табиғи орман экожүйелерінде топырақтың құрылымдық тұрақтылығы мен биогендік элементтер айналымының тиімді сақталатынын дәлелдейді.

Осыған байланысты, ұсынылған урбандалу индексі Алматы қаласының топырақ жамылғысында антропогендік жүктеменің құрылымдық және агрохимиялық қасиеттерге әсер ететінін сандық түрде көрсетті. Кешенді көрсеткіш қалалық экожүйелердегі топырақтың экологиялық жағдайын салыстырмалы бағалауға және деградациялық өзгерістерді бақылауда қолдануға ұсынылады.

Қорытынды. Іле Алатауында орналасқан қала аумағы мен оның маңындағы топырақ жамылғысы тік белдеулік заңдылығына бағынады. Топырақ жер бедерінің биіктігіне байланысты белдеулер бойынша таралған. Алматы қаласының әртүрлі табиғи-антропогендік жағдайларында орналасқан топырақ кескінінің морфологиялық, гранулометриялық, су-физикалық және агрохимиялық қасиеттерін кешенді зерттеу олардың түзілу ерекшеліктері мен экологиялық жағдайына тікелей тәуелді екенін көрсетті.

Көкжайлау аумағындағы таулы қара топырақ ауыр құмбалшықты гранулометриялық құраммен сипатталады. Кескін бойында <0,01 мм ұсақ дисперсті фракциялар мөлшері 49,5–51,3% аралығында тұрақты сақталып, топырақтың ылғал ұстау қабілетінің жоғары екенін көрсетті. Бұл топырақтар борпылдақ құрылымымен және жоғары кеуектілігімен ерекшеленіп, су-ауа режимі қолайлы жағдай қалыптастырады. Алайда гумус мөлшерінің салыстырмалы төмен болуы олардың аз гумусты типке жататынын көрсетеді. Су-физикалық көрсеткіштері бойынша көлемдік массасы (1,20–1,25 г/см³) және кеуектілігі (46–59%) құрайды. Агрохимиялық тұрғыдан гумус мөлшері жоғарғы қабатта 4,88% болғанымен, қара топырақтар үшін салыстырмалы түрде төмен деңгейге жатады. Фосфор мен калий коректік элементтер мөлшері жеткілікті деңгейде, яғни топырақтың табиғи құнарлылығының сақталғанын көрсетеді.

Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ аумағындағы қара-қоңыр топырақтарда гранулометриялық құрам ауыр құмбалшықты сипатта болғанымен, су-физикалық көрсеткіштері бойынша тығыздалу үрдісі байқалады. Көлемдік массаның $1,35\text{--}1,43\text{ г/см}^3$ дейін жоғарылауы және кеуектіліктің $38\text{--}44\%$ -ға төмендеуі топырақтың су өткізгіштік қасиетінің нашарлағанын көрсетеді. Агрохимиялық көрсеткіштер бойынша гумус ($1,44\text{--}2,67\%$) пен жылжымалы фосфордың ($12,0\text{--}14,8\text{ мг/кг}$) төмен мөлшері бұл топырақтардың қоректік элементтермен әлсіз қамтамасыз етілгенін дәлелдейді. Аталған ерекшеліктер урбандалу және антропогендік жүктеменің әсерімен байланысты деп тұжырымдалады.

Баум тоғайындағы сұр-қара қоңыр топырақтар механикалық құрамы бойынша орташа құмбалшықты типке жатады және құрылымы салыстырмалы түрде қолайлы. Көлемдік массасының мөндері ($0,96\text{--}1,18\text{ г/см}^3$) мен кеуектілігі ($58\text{--}59\%$) құрайды, бұл топырақтардың борпылдақ құрылымын және тиімді су-ауа режимін көрсетеді. Гумус мөлшері ($6,21\%$ -ға дейін), жалпы азот ($0,340\%$) және жылжымалы фосфор мен калийдің жоғары мөлшері орман жағдайында органикалық заттардың қарқынды жиналуын және биогендік элементтердің белсенді айналымын дәлелдейді. Орманды табиғи аумақтардағы топырақтар жоғары құрылымдылықпен, қолайлы су-физикалық қасиеттермен және жоғары агрохимиялық құнарлылықпен сипатталса, қалалық ортадағы қара-қоңыр топырақтарда тығыздалу, кеуектіліктің азаюы және қоректік элементтердің төмендеуі байқалады. Бұл урбандалу жағдайында топырақ жамылғысының деградиялық өзгерістерге ұшырайтынын көрсетеді. Біздің зерттеу жұмысымыздың ерекшелігі, зоналды топырақтар қасиеттерінің урбандалған үдерістер нәтижесіндегі өзгерістері көрсетілді.

Алынған мәліметтерге сүйеніп қала топырағының урбандалу индексі анықталды және есептеу нәтижесінде урбандалу индексінің мәні $0,36$ құрады, яғни топырақ орташа деңгейде деградияға ұшыраған.

Зерттеу нәтижелері қалалық экожүйелерде топырақтың экологиялық жағдайын бағалау, оның құнарлылығын сақтау және қалпына келтіру шараларын ғылыми негізде жоспарлау үшін маңызды. Атап айтқанда, тығыздалған топырақтарда агротехникалық қопсыту, органикалық тыңайтқыштар енгізу және жасыл аймақтарды көбейту шараларын қолдану топырақтың құрылымын жақсартуға және экологиялық тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік береді.

Қаржыландыру. Осы мақалада ұсынылған зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің қаржылық қолдауымен АР 26199673 жобасы аясында жүзеге асырылды. Жоба тақырыбы «ГАЗ технологияларын пайдалана отырып, Алматы қаласы топырақ жамылғысының техногендік ластануын экологиялық бағалау».

ӘДЕБИЕТ

- [1] Садырова Г. А. Урбанизированная флора города Алматы: иллюстрированный каталог растений // Труды Института ботаники и фитоинтродукции. – Алматы, 2017. – Т. 23(15). – 276 с.
- [2] Садырова Г. А. Анализ флоры травянистых растений города Алматы // Вестник Карагандинского университета. Серия «Биология. Медицина. География». – 2020. – № 2(98). – С. 60–68.
- [3] Кобегенова Х. Н. Экологическое состояние города Алматы // Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences. – 2020. – № 9. – С. 295-301.
- [4] Мынбаева Б. Н. Система биомониторинга загрязнения городских почв, основанная на использовании биоиндикаторов и биотестов // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия биологическая и медицинская. – 2012. – № 1. – С. 41-45.
- [5] Оразымбет С. Э. Особенности накопления тяжелых металлов в почвах, прилегающих к городу Алматы в условиях локального загрязнения: Дис. канд. биол. наук. – Астана, 2007. – 116 с.
- [6] Почвы Казахской ССР / Ред. У. У. Успанов. – Алма-Ата: Наука, 1962. – Вып. 4. – 374 с.
- [7] Pachikin K., Erokhina O., Funakawa S. Soils of Kazakhstan, Their Distribution and Mapping // Novel Measurement and Assessment Tools for Monitoring and Management of Land and Water Resources in Agricultural Landscapes of Central Asia / Ed. L. Mueller, A. Saparov, G. Lischeid. – Dordrecht: Springer, 2013. – P. 519-533. – DOI: 10.1007/978-3-319-01017-5_32.
- [8] Soil Atlas of Asia / Ed. R. Vargas, T. Hengl. – Luxembourg: European Commission, 2018. – 176 p.
- [9] FAO-UNESCO Soil Map of the World. Vol. VI: Asia. – Paris: UNESCO, 1981. – 312 p.
- [10] Погребняк С.П. Современные методы химического анализа почв и растений. – Киев: ВНИС 2020. – 258 с.
- [11] Мамонтов В. Г., Гладков А. А., Кузелев М. М. Практическое руководство по химии почв: учебное пособие. – Москва: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. – 225 с.
- [12] Мұқанова Г.А. Топырақтану оқулығы. – Алматы: Қазақ университеті, 2025. – 332 б.
- [13] Мұқанова Г.А., Әлімұратқызы А., Базарбаева Т.А., Шимшиков Б.Е., Туkenова З.А., Ошақбай А.А., Курбанова Л.С. Хромтау өңірі топырақтарының экологиялық жағдайын агрохимиялық көрсеткіштер негізінде бағалау // Хабаршы. География сериясы. – 2025. – № 3(78). – Б. 184-195.

[14] Pouyat R. V. et al. Soil carbon stocks and dynamics in urban ecosystems // Urban Ecosystem Ecology / Ed. by J. M. Aitkenhead-Peterson, A. Volder. – Madison: American Society of Agronomy, 2017. – P. 55-73.

[15] Morel J. L. et al. Urban soils: characteristics, functions and services // Urban soils: characteristics, functions and services / Ed. by J. L. Morel, C. Chenu, M. Lorenz. – Dordrecht: Springer, 2015. – P. 1-29.

REFERENCES

[1] Sadyrova G. A. Urbanized Flora of the City of Almaty: Illustrated Catalogue of Plants // Proceedings of the Institute of Botany and Phytointroduction. Almaty, 2017. Vol. 23(15). 276 p. (in Russ.).

[2] Sadyrova G. A. Analysis of the Flora of Herbaceous Plants of the City of Almaty // Bulletin of Karaganda University. Series "Biology. Medicine. Geography". 2020. No. 2(98). P. 60-68. (in Russ.).

[3] Kobegenova Kh. N. Ecological State of the City of Almaty // Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences. 2020. No. 9. P. 295-301 (in Russ.).

[4] Mynbayeva B. N. System of Biomonitoring of Urban Soil Pollution Based on the Use of Bioindicators and Biotests // Proceedings of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Biological and Medical Series. 2012. No. 1. P. 41-45 (in Russ.).

[5] Orazymbet S. E. Features of Heavy Metal Accumulation in Soils Adjacent to the City of Almaty under Conditions of Local Pollution: PhD Dissertation in Biological Sciences. Astana, 2007. 116 p. (in Russ.).

[6] Soils of the Kazakh SSR / Ed. U. U. Usanov. Alma-Ata: Nauka, 1962. Issue 4. 374 p. (in Russ.).

[7] Pachikin K., Erokhina O., Funakawa S. Soils of Kazakhstan, Their Distribution and Mapping // Novel Measurement and Assessment Tools for Monitoring and Management of Land and Water Resources in Agricultural Landscapes of Central Asia / Ed. L. Mueller, A. Saparov, G. Lischeid. Dordrecht: Springer, 2013. P. 519-533. – DOI: 10.1007/978-3-319-01017-5_32.

[8] Soil Atlas of Asia / Ed. R. Vargas, T. Hengl. Luxembourg: European Commission, 2018. 176 p.

[9] FAO-UNESCO Soil Map of the World. Vol. VI: Asia. Paris: UNESCO, 1981. 312 p.

[10] Pogrebnyak S. P. Modern Methods of Chemical Analysis of Soils and Plants. Kyiv: VNIS, 2020. 258 p. (in Russ.).

[11] Mamontov V. G., Gladkov A. A., Kuzelev M. M. Practical Guide to Soil Chemistry: Study Guide. Moscow: Publishing House of RSAU-MAA, 2012. 225 p. (in Russ.).

[12] Mukanova G. A. Soil Science: Textbook. Almaty: Kazakh University Publishing House, 2025. 332 p. (in Kaz.).

[13] Mukanova G. A., Alimuratkyzy A., Bazarbayeva T. A., Shimshikov B. E., Tukenova Z. A., Oshakbay A. A., Kurbanova L. S. Assessment of the Ecological State of Soils of the Khromtau Region Based on Agrochemical Indicators // Bulletin. Geography Series. 2025. No. 3(78). P. 184-195 (in Kaz.).

[14] Pouyat R. V. et al. Soil carbon stocks and dynamics in urban ecosystems // Urban Ecosystem Ecology / Ed. by J. M. Aitkenhead-Peterson, A. Volder. Madison: American Society of Agronomy, 2017. P. 55-73.

[15] Morel J. L. et al. Urban soils: characteristics, functions and services // Urban soils: characteristics, functions and services / Ed. by J. L. Morel, C. Chenu, M. Lorenz. Dordrecht: Springer, 2015. P. 1-29.

**Г. А. Мұқанова¹, Б. Е. Шимшиков², Т. А. Базарбаева³,
А. А. Ошақбай⁴, Қ. Қ. Қырғызбай⁵, У. Т. Амангазиева^{6*}**

¹ К. б. н., ассоциированный профессор (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан; gulzhanatmukanova@gmail.com)

² К. б. н., ассоциированный профессор (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан; bshimshikov@gmail.com)

³ К. г. н., профессор (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан; tursynkul.bazarbayeva@gmail.com)

⁴ Старший преподаватель (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан; aitu.oshakbay@gmail.com)

⁵ PhD, доцент-исследователь (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан; kyrgyzbay.kudaibergen@gmail.com)

^{6*} Докторант (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан; uldarina9797@mail.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ГОРОДА АЛМАТЫ

Аннотация. В статье для изучения почвенного покрова города Алматы были проанализированы его морфологические характеристики, физико-химические свойства и механический (гранулометрический) состав. Для анализа физико-химических свойств городских почв были заложены почвенные разрезы в горных чернозёмах, лесо-луговых малогумусных тяжёлосуглинистых почвах, сформированных на крупнопылеватых жёлто-бурых элювиально-делювиальных отложениях, а также в горных тёмно-каштановых и горных серо-каштановых почвах. Гранулометрический состав почвенных разрезов характеризуется преобладанием мелкодисперсных фракций (<0,01 мм), доля которых составляет 41–51 %, что свидетельствует о средне- и

тяжёлом механическом составе почв. По водно-физическим свойствам объёмная масса почв варьирует от 0,96 до 1,43 г/см³, а общая пористость составляет 38–59 %, при этом почвы лесных участков отличаются более высокой водоудерживающей способностью. По агрохимическим показателям содержание гумуса изменяется от 1,44 до 6,21 %, при этом максимальные значения зафиксированы в почвах рощи Баума. Подвижные формы элементов питания преимущественно концентрируются в верхних горизонтах почвенного профиля и уменьшаются с глубиной, что отражает уровень биологической активности и естественного плодородия почв.

Ключевые слова: урбанизированные почвы, морфологическая характеристика, почвенный разрез, гранулометрический состав, подвижные и валовые элементы питания, структура, объёмная масса.

**G. A. Mukanova¹, B. Ye. Shimshikov², T. A. Bazarbayeva³,
A. A. Oshakbay⁴, K. K. Kyrgyzbay⁵, U. T. Amangazyeva^{*6}**

¹ Candidate of Biological Sciences, Associate Professor (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; gulzhanatmukanova@gmail.com)

² Candidate of Biological Sciences, Associate Professor (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; bshimshikov@gmail.com)

³ Candidate of Geographical Sciences, Professor (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; tursynkul.bazarbayeva@gmail.com)

⁴ Senior Lecturer (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; aitu.oshakbay@gmail.com)

⁵ PhD, Associate Professor-Researcher (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; kyrgyzbay.kudaibergen@gmail.com)

^{6*} PhD student (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; uldarina9797@mail.ru)

STUDY OF THE MORPHOLOGICAL AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF SOILS IN THE CITY OF ALMATY

Abstract. In this article, we analyzed the morphological characteristics, physicochemical properties, and mechanical (particle size distribution) composition of the soil cover of Almaty. To analyze the physicochemical properties of urban soils, soil profiles were laid in mountain chernozems, low-humus heavy loamy forest-meadow soils formed on coarse-silt yellow-brown eluvial-deluvial deposits, as well as in mountain dark chestnut and mountain gray-chestnut soils. The particle size distribution of the soil profiles is characterized by a predominance of fine fractions (<0.01 mm), which account for 41–51%, indicating a medium- to heavy-textured soil. In terms of water-physical properties, the soil bulk density varies from 0.96 to 1.43 g/cm³, and the total porosity is 38–59%, with soils in forested areas having a higher water-holding capacity. In terms of agrochemical parameters, humus content ranges from 1.44 to 6.21%, with the highest values recorded in the soils of the Bauma grove. Mobile nutrient elements are predominantly concentrated in the upper horizons of the soil profile and decrease with depth, reflecting the level of biological activity and natural soil fertility.

Keywords: urbanized soils, morphological characteristics, soil profile, particle-size composition, mobile and total nutrient elements, structure, bulk density.