

## Топырақ эрозиясын бағалауда жер бедеріне морфометриялық талдау жасау

**Аңдатпа.** Топырақ эрозиясын зерттеуде ең тиімді әдістерінің бірі рельефті морфометриялық талдау болып табылады. Аталмыш әдісте негізгі ақпарат көздері болып ірі масштабты топографиялық карталар, далалық аспаптық түсірілімдердің мәліметтері, сондай-ақ жерді қашықтықтан зондтау деректері рельефті цифрлық үлгілеу кезіндегі басты мәлімет көздері болып табылады. ГАЗ технологиялары мен рельефтің сандық модельдерін қолдану рельефтің маңызды морфометриялық көрсеткіштерінің тақырыптық карталарын жасауға мүмкіндік береді. Бірақ морфометриялық талдаудың ауқымы тек геоморфологиямен ғана шектелмейді, оның қолдану аясы анағұрлым кеңірек, атап айтқанда, әртүрлі геоэкологиялық, топырақ эрозиясын зерттеу мәселелерді шешу үшін қолданылады. Бұл мақалада Alos Polars Dem 12,5 т рельефінің сандық моделін қолдана отырып, келешекте топырақ эрозиясын бағалауда негіз болатын ССП рельефіне морфометриялық талдау жасалып, оның негізінде мынадай модельделді карталар жасалды: гипсометриялық карта, көлбеу бұрыштар мен беткейлердің экспозициялары.

**Түйін сөздер:** ГАЗ; ЖКЗ; карта; картография; рельеф; ландшафт; ССП; морфометриялық талдау.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2021-136-3-88-97>

### Кіріспе

Рельефті көптеген зерттеушілер аумақтың ландшафтық саралануының негізгі факторы ретінде таниды. Қазіргі уақытта цифрлық технологиялардың дамуына және қашықтықтан зондтау деректерінің кең қол жетімділігіне байланысты жер бедерін ландшафт құраушы фактор ретінде егжей-тегжейлі бағалау мүмкін болып отыр. Сонымен, рельефтің сандық модельдерін қолдану рельефті морфометриялық талдауды жеңілдетті десек қателеспейміз. Рельеф және оның параметрлері ең жоғары жіктеу дәрежелерінің табиғи-аумақтық кешендерін бөлуде ең маңызды деп танылған.

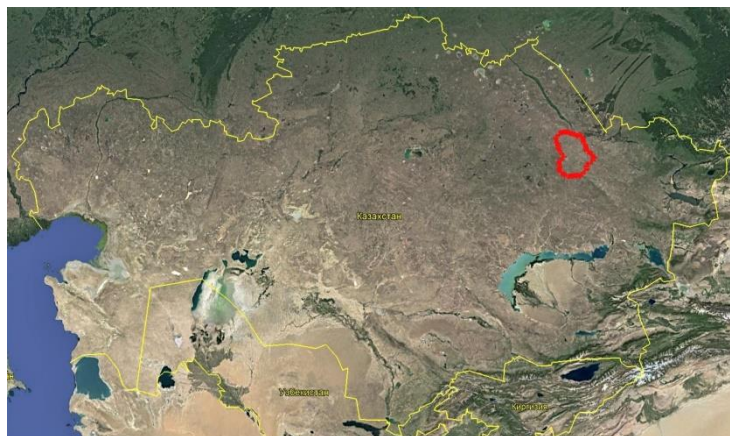
Әр түрлі деңгейдегі ТАК (табиғи-аумақтық кешен) бөлу, ландшафт картасын жасау үшін және де топырақ эрозиясын бағалау үшін рельефті ең негізгі талданатын мәліметтері: ең алдымен рельеф биіктіктерді, көлбеулікті және беткейлердің экспозицияларын бөлу.

Рельефті морфометриялық талдау геоморфологиялық зерттеу әдістерінің бірі болып табылады, онда рельефтің сандық сипаттамалары арнайы өлшеулер арқылы зерттеледі. Әдетте рельефтің жекелеген нысандарының немесе олардың кешендерінің абсолютті және салыстырмалы биіктігін, көлбеу бұрыштарын, беткейлердің экспозициясын, оң және теріс нысандары бар аудандарды және басқаларын өлшейді [1].

Рельефті цифрлық модельдеу кезіндегі негізгі ақпарат көздері ірі масштабты топографиялық карталар, сондай-ақ жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) деректері болып табылады. Деректер көздерінің әрқайсысының өз артықшылықтары мен кемшіліктері бар, бірақ тұтастай алғанда белгілі бір аумақтың рельефін талдауда ЖҚЗ деректері рөлінің өсу үрдісін атап өткен жөн болып отыр. ГАЗ технологиялары мен ЖҚЗ деректерін қолдану бедер бойынша сандық деректерді алуды ғана емес, сонымен қатар олар бойынша модельдеуді жүргізуге мүмкіндік береді. Бүгінгі таңда көптеген белгілі ГАЗ бағдарламалық өнімдерінде рельефтің сандық модельдерін құру әдістемелері бар, сонымен қатар ғаламтор желісінде еркін қолжетімді

ASTER GDEM және SRTM сияқты жаһандық мәліметтерді қолдануға болады. РСМ қолдана отырып, өз кезегінде маңызды морфометриялық көрсеткіштердің тақырыптық карталарының сериясын тез құруға болады: гипсометриялық карта, беткейлердің көлбеулігі мен экспозициясы карталары, олардың негізінде болашақта жер бетінің топырақ эрозиясын бағалауда, ландшафттардың тұрақтылық карталары және т. б. зерттеулердің негізі болып табылады.

Семей сынақ полигоны (сынақ кезінде СССР қарулы күштері министрлігінің № 2 оқу полигоны деп аталған) – 18,5 мың шаршы шақырымды құрайтын үлкен аумақ. Оған төрт миллион халқы бар Кувейт те сыйып кетеді. Қазақстанның қазіргі картасына қарасақ, полигон Шығыс Қазақстан, Павлодар және Қарағанды облыстарының бір бөлігін алып жатыр (1-сурет).



1 сурет. ССП ғарыштық суреті

Семей полигоны бірнеше аймаққа бөлінген. Олар: Курчатов қаласында орналасқан әкімшілік - тұрмыстық (ол кезде "М" алаңы немесе "Москва-400" деп аталған) аумақ, зертхана қалашығы және радиусы 10 шақырымға жететін "сынақ даласы". Соңғысының "Дегелен", "Балапан", "Телкем" секілді сынақ алаңдары бар.

ССП Қазақтың ұсақ шоқыларының шығыс бөлігінде қуаң климат жағдайларында орналаса отырып. Полигон аумағын солтүстік-шығыстан шектейтін Ертіс өзенінен басқа тұрақты ағысы бар өзендер жоқ. Ұсақ шоқылар арасында сор топырақтардың, тұзды көлдердің, ұсақ өзендердің құрғақ арналарының және кеуіп бара жатқан өзендердің үлкен санына байланысты аңғар түзетін төмендеулер байқалады. Олардың ішіндегі ең ірілері батыста Тұндық және шығысында полигон аумағының Ащысу ағысымен Шаған болып табылады. Шаған өзенінің салалары Ертіске жетеді, ал Тұндық өзені тұзды ағынсыз көлге құяды.

Зерттелетін аумақта шілденің орташа айлық температурасы +19-дан +22-ге дейін және қаңтарда -14-тен -18 градусқа дейін аймақтағы климатты күрт континентальды деп сипаттайды. Сонымен қатар, мұнда құрғақ (Ертіс өзені аңғарының бойында) климаттық белдеулердің өзгеруі байқалады. Орташа жылдық температура +0,6-дан +5 градусқа дейін және жауын-шашынның орташа жылдық мөлшері 250 - 300 мм) орташа ылғалдылыққа дейін (аймақтың таулы бөлігінде, онда орташа жылдық температура +1-ден -4 градусқа дейін өзгереді, ал жауын-шашынның орташа жылдық мөлшері 400-600 мм жетеді). Ең көп жауын – шашын мамыр – маусым және қазан – қараша айларында түседі. Аймақтағы желдің бағыты мен күшінің таралуы өте күрделі. Көбінесе желдің бағыты мен жылдамдығының бір күн ішінде өзгеруі байқалады. Алайда, қыста және күзде оңтүстік – шығыстан, батыстан сирек, орташа жылдамдығы 4-5 м/с, ал жазда – орташа жылдамдығы 3-4 м/с болатын солтүстік бағыттағы желдер басым болатындығын атап өтуге болады.

## Бастапқы мәліметтер және зерттеу әдістері

Бүгінде рельефті морфометриялық талдау рельефтің сандық моделін (PCM) қолдана отырып жүзеге асырылады. Қазіргі уақытта ГАЗ-технологияларда белгілі бір дәрежеде карталар масштабының функцияларын орындайтын әртүрлі рұқсаттағы PCM құру басталды[4]. ССП аумағын талдау PCM негізінде ArcGIS бағдарламасын пайдалана отырып жүргізілді.

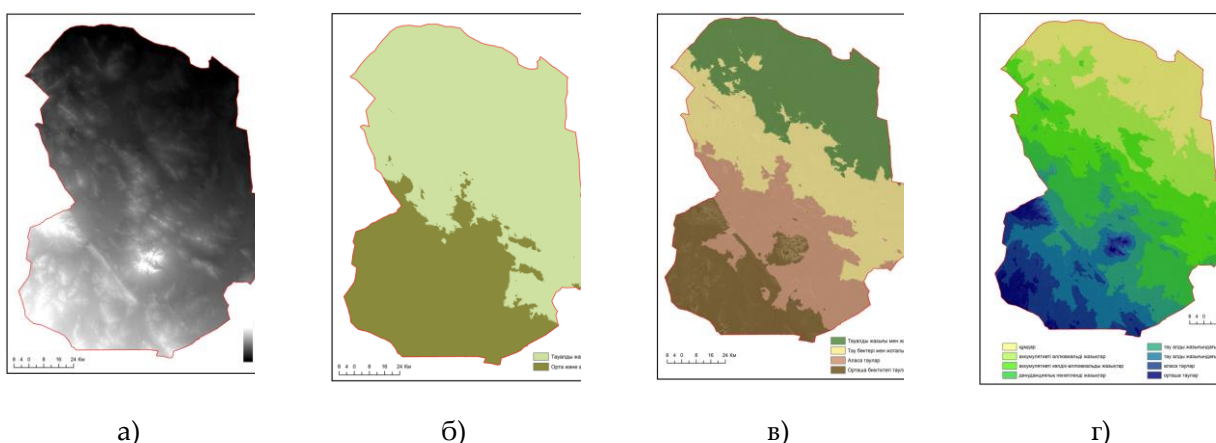
Негіз ретінде Alos Polisar Dem (SRTM) пайдаланылды. Оның орташа квадраттық қателігі шамамен 12,5м биіктікте бағаланады. PCM бұл дәлдігі жұмыста қойылған мақсаттарға сәйкес келеді.

Сәйкестендіруге және кішігірім қателерді жоюға байланысты суретті өңдеу ArcGIS 10.4 пакетін және оның Spatial Analyst қосымша модулін қолдана отырып жүргізілді. Дәл осындай бағдарлама бастапқы есептеулерде және карталарды құруда қолданылды.

Осы әдістеме бойынша ССП аумағы үшін жер бедерінің цифрлық үлгілері негізінде гипсометриялық картасы, беткейлердің тіктілік картасы және жер бедерінің құрылымдық морфометриялық параметрлері бойынша карталар жасалды. Сол сияқты беткейлердің экспозиция картасы, содан кейін соның негізінде рельефтің морфометриялық топтарға бөлу картасы жасалды. Осы аталған карта модельдерінің жиынтығы негізінде топырақ эрозиясына бағалау жасалды.

## Зерттеу нәтижелері мен талқылаулар

Топырақ эрозиясын бағалауда жер бедері құрылымының морфометриялық параметрлерін абсолюттік биіктігі арқылы анықтауға болады.Талдау барысында зерттеу аумағын үш деңгейлі жіктеуді көрсетіп өттік. Бірінші деңгейлі жіктеу кезінде екі негізгі «жоғары» және «төменгі» беткейлер көрсетілді. Бірінші топта өте төмен, және де тегіс аймақтар қарастырылады, ал екінші топта, керісінше, — өте биік, тегіс емес беткейлер қарастырылады. Екінші деңгейде класстар биіктігі бойынша ғана емес, сонымен бірге басқа да морфометриялық параметрлер бойынша бөлінеді. Бұл деңгейде орташа, аласа таулар мен тауалды жазықтықтары есепке алынады. Бұдан басқа, тау бөктері мен жазықтар да көрсетіледі. Үшінші деңгейде негізінен орташа және биік таулар, төбелер мен жазықтар алынады. Соларға сәйкес адырлы- жонды төбелер, аккумулятивті жазықтар мен құмдар да бейнеленеді (2 - сурет).



2 сурет. а) Жер бедерінің сандық үлгісі; б) Бедерді жіктеу (классификация) 1 – деңгейі; в) 2 – деңгейі; г) 3 – деңгейі;

Геоморфологиялық элементтер бір-бірін солтүстік-шығыстан оңтүстік-батысқа қарай ауыстырады. Жалпы геоморфологиялық жоспарды анықтайтын негізгі морфоқұрушы элемент

Ертіс өзені аңғары бар Құлынды жазығы болып табылады, ол денудациялық жазық арқылы оңтүстік-батысқа қарай қыратты-қырқалы және конус тәрізді бедер пішіндері бар қазақтың ұсақ шоқыларына өтеді.

Шығыс бағытында Қазақ ұсақ шоқысы Алтай-Тарбағатай қатпарлы елінің тау түзілімдерімен алмастырылады. Аумақтың оңтүстік-батысында төмен тау бөктері ерекшеленеді, олардың арасында 1000 метрден асатын биіктік белгілері бар тау сілемдері байқалады. Ертіс өзені аңғарының бағытында биіктік белгілері 200 метрге дейін және одан кеми береді.

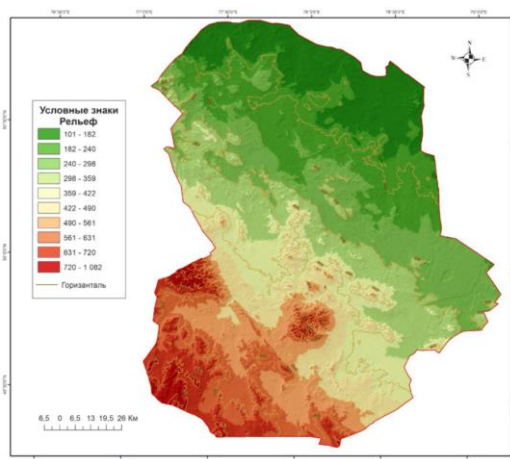
Тау бөктері физикалық-географиялық немесе ландшафттық, экотон ретінде (Э.Г. Коломыш және В.А. Николаева [6] терминологиясы бойынша [5] кем дегенде 2 геоморфологиялық элементтердің жиынтығымен және комбинациясымен сипатталады: 1) жазық рельефтің фонында жергілікті көтерілістерді білдіретін және көбінесе геоморфологиялық тұрғыдан төмен таулар болып табылатын жоталар (теңіз деңгейінен 1000 м дейін); 2) көбінесе олардың арасында орналасқан шамалы тіктікпен сипатталатын жазық учаскелер (2-4° дейін); жоталар немесе кем дегенде бір жағынан оларға іргелес (яғни, шұңқырлардың түбі).

Ал бұдан ары қарай жазық, тау бөктері мен тау бөліктерін объективті талдау және бөлу үшін біз рельефтің морфометриялық ерекшеліктеріне талдау жасадық, өйткені бұл ұғымдар геоморфологиялық санатқа жатады [9-11].

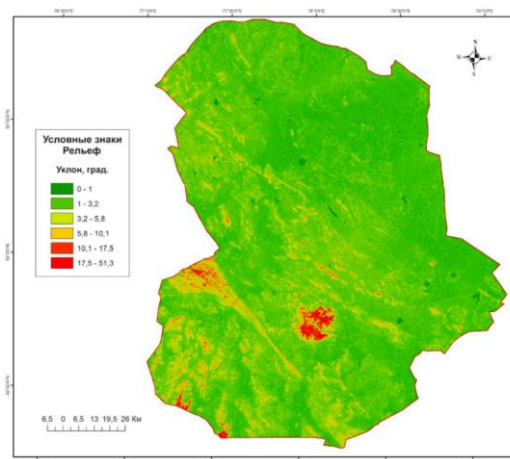
Көптеген морфометриялық параметрлердің ішінде ландшафтты құрайтын рөлді анықтауға ең қолайлы, мысалы, жер бедерінің биіктігі мен беткейлерінің тіктігі. Гипсометриялық фактор ландшафттардың саралануына әкеледі, ал тіктігі жазық және таулы ландшафттар шектелген өлшемі болып табылады [12].

Тау бөлігі жазықтан бөлінетін ең қарапайым және сенімді критерийлердің бірі - беткейлердің көлбеуі. Көбінесе беттердің немесе беткейлердің көлбеуі 6° - тан жоғары болған кезде таулар (немесе олардың тау бөктері) басталады (3 - сурет).

Мұндай маңызды геоморфологиялық "әртүрлілік" мұнда іргелес жазықтардан (желдің жылдамдығы аз, қар жамылғысы тұрақты және т.б.) және таулардан (жоғары температура мен жауын-шашынның аз мөлшері) ерекшеленетін өзіндік мезоклиматтың пайда болуына әкеледі. Нәтижесінде, полигонның аумағы құрғақ дала және шөлейт типтегі жазық ландшафтпен ұсынылған. Жазықта бірнеше ландшафттық аймақтар ерекшеленеді, олардың сипаты геоморфологиялық және климаттық аймақтарға байланысты. Ертіс өзенінің бойында әр түрлі шөпті бетегелі - сексеуілді өсімдіктері бар жазық орналасқан. Шаған өзенінің алқабы бұталы - жусанды - дәнді өсімдіктері бар аллювиалды - пролювиалды жазықпен ұсынылған. Одан әрі оңтүстік - батыс бағытта денудациялық қыратты жазық бұталы-тарсылы-бетегелі өсімдіктермен ұсақ шоқылармен алмастырылады.



3 сурет. ССП жер бедері картасы



4 сурет. ССП беткейлерінің тіктік картасы

Жоғарыда келтірілген мәліметтерден көріп отырғанымыздай, тау бөктері ССП - ның барлық ауданының 30% - ын алып жатыр. Бұл ретте 1000 м - ге дейінгі биіктікке (геоморфологиялық тұрғыдан алғанда төмен таулар) - 20%, 1000 м және одан жоғары (Орта тау) - 5% (Дегелең тау алабы) келеді. Бұл нысан диаметрі 17-18 км және ауданы 331 шаршы км күмбез тәріздес болып келеді. Тау сілемі солтүстік-солтүстік батыс бағытта 18 км – ге созылып жатыр, диаметрі - 10 км. Массив айналадағы рельефтен 500 м-ге дейін көтеріледі, бетінің абсолютті белгілері 600-ден 1085 м-ге дейін өзгереді. Массив тектогенездің каледондық дәуірінде қалыптасқан Шыңғыс – Тарбағатай мегантиклинорийінің шығыс жартысымен шектеледі. Геологиялық тұрғыдан алғанда, тау сілемінің басым бөлігі граниттерден тұрады, олар сынақ алаңының  $\frac{3}{4}$  аумағына таралған. Массивтің шығыс бөлігі кварцты порфирмен, массивтің оңтүстігінде және оңтүстік - шығысында андезиттер, андезито базальттары, олардың туфтары, құмтастар және алевролиттерден тұратын орта карбон шөгінділері де кездеседі. Тау сілемі субендікті, солтүстік - шығыс және солтүстік - батыс созылып жатқан жерлермен қиылысады. Дегеленнің ең ірі жарылысы ұзындығы 10 км-ден асатын Ұзынбұлақ бұлағының аңғары бойымен өтеді. Массивтің оңтүстік бөлігінде ендік бағыттағы бірқатар үзілістер байқалады. Сынғыш деформациялар мен ұсақтау аймақтары көбінесе сулы болып табылады және оларды ашатын штольняларға су ағынын тудырады.

Яғни, ССП аумағында геоморфологиялық қатынаста аласа таулар мен жазық дала кеңінен таралған. Төмен таулардағы ең үлкен аумақты 200 - 400 және 400 - 600 м биіктік белгілері алады.

1 кесте

#### Еңістердің тіктігіне қарай ССП аумағын бөлу

Беткейлер	Тау
Тегіс және сәл көлбеу беткейлер	0-6
Көлбеу беткейлер	6-20
Орташа тік	20-30
Тік	30-45
Көлбеулеу	45-60
Жартылай тік	60-75

PCM модельдерінің туындыларын талдау (беттің көлбеу бұрыштары) мыналарды көрсетті. Беттің көлбеу бұрыштары 0-ден 51 градусқа дейін өзгереді. Беттің көлбеу бұрышының орташа мәні 8,55 градус. 1-кестеде беткейлердің олардың көлбеулігі бойынша пайыздық қатынасы көрсетілген.

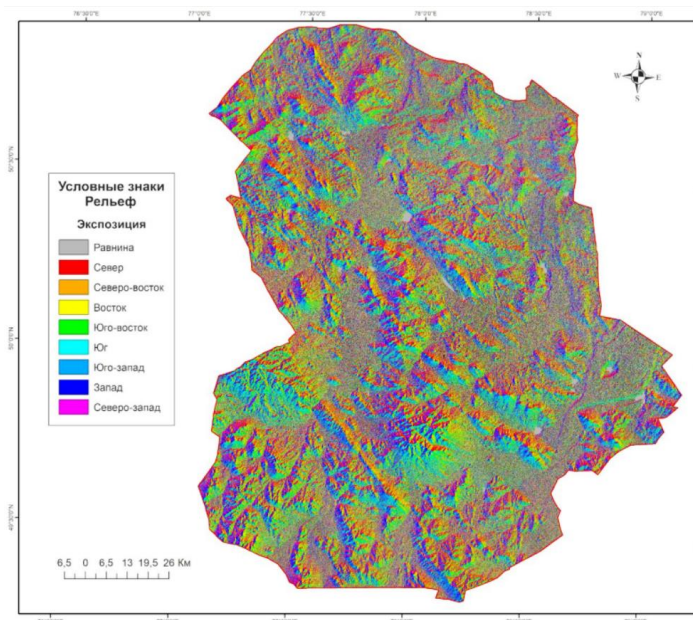
Н.И. Николаевтың классификациясына сәйкес барлық беткейлер осылай бөлінеді: өте тік (>35°), тік (15-35°), орташа көлбеу беткейлер (8-15°), жұмсақ (4-8°), өте жұмсақ (2-4°). Көлбеу бұрыштары 2° - тан төмен болған кезде беткейлер беткейлерге жатпайды. 1-кестеден барлық ССП беткейлерінің шамамен 58% – ы көлбеу және орташа көлбеу беткейлер, шамамен 30 % – ы өте жұмсақ, 21 % – ы тегіс беттер (бұған көлбеу бұрышы 2° - тан аз жер учаскелері де, су беттері де кіреді). Аумақ беткейлерінің тек 5% - ын тік деп сипаттауға болады (4 - сурет).

Беткейлердің әсер ету моделінде көлбеу беттердің солтүстік бағыты түсімен жақсы ерекшеленеді. 2 - кестеде беткейлердің 8 румбы үшін пайыздық қатынас көрсетілген.

## ССП аумағын экспозиция арқылы анықталған беткейлер саны

Экспозиция (румб, град.)	Саны, %
Тегіс беттер (көлбеу < 0,1°)	14
Солтүстік (337,5-22,5°)	20
Солтүстік – Шығыс (22,5-67,5°)	10
Шығыс (67,5-112,5°)	5
Оңтүстік – Шығыс (112,5-157,5°)	8
Оңтүстік (157,5-202,5°)	20
Оңтүстік – Батыс (202,5-247,5°)	10
Батыс (247,5-292,5°)	5
Солтүстік – Батыс (292,5-337,5°)	8

2 – кестеден солтүстік (20%) және солтүстік - шығыс (10%) экспозицияларының беткейлері басым. Аумақтың 14% - ын құрайтын тегіс беттерге көлбеу бұрышы 0,1° - тан төмен құрлық учаскелері және аралдың барлық су беттері жатады.



4 сурет. ССП экспозициялық картасы



5 сурет. ССП рельефтің морфометриялық топтарға бөлу картасы

Дж. Вуда (Wood J.D.) әдісі бойынша ССП рельефінің морфометриялық талдауы 6 морфометриялық топқа бөлуді қамтиды. Статистикалық талдау осы Әдістемеге сәйкес аумақ үшін беттердің басым түрлері арналар (шамамен 30 %) және жоталар (шамамен 35 %) екенін анықтауға мүмкіндік береді, бұл жерде өзендер мен олардың бүйірлеріне сәйкес келеді. Сондай-ақ, тегіс беттердің жеткілікті саны (21 %), негізінен су объектілері (көлдер) болып табылады.

ССП рельефтің морфометриялық топтарға бөлу

№	Топ атауы	Схемалық сурет	Саны, %
1	Жазық беттер (Planar)		21,2
2	Ойпаттар (Pit)		2,2
3	Арналар (Channel)		28,8
4	Өткелдер (асулар) ((Pass(saddle))		9,4
5	Жоталар (Ridge)		35,6
6	Шыңдар (Peak)		2,8

Шығыс жағалаудағы өзен аңғарларында әдетте каньон тәрізді немесе шатқал көрінісі болады. Батыс румбаларының аңғарларында каньон тәрізді аңғарлар құрылымдық - денудациялық көтерілген жоталы жазықтың абразивті және абразивті - жинақталған жазыққа ауысуымен сипатталады. Барлық өзендер үшін алқаптың бұл сипаты құрылымдық және неотектоникалық сатылардың учаскелерінде, өзендердің бүйірлері мен су айдындарында көрінеді.

Осы талдаулар мен жасалған модельдер негізінде топырақ эрозиясына баға беретін болсақ, орталықта және оңтүстік, оңтүстік – батысқа қарай эрозия коэффициенті бар деуге болады. Бұған тікелей жел, ауа – райының, жер бетінің беткей тіктігі себепші болып отыр.

Мысалы Дж. Вуда әдістемесіне сәйкес аумақ үшін беттердің басым түрлері арналар (шамамен 30 %) және жоталар (шамамен 35%) екенін анықтауға мүмкіндік беріп отыр. Бұл дегеніміз бұл жерде өзендер мен олардың бүйірлеріне сәйкес келеді деген сөз. Сондай-ақ, тегіс беттердің жеткілікті саны (21%), негізінен су объектілері болып отыр. Ал қазіргі мәліметтерге және де ғарыштық суйреттерге сүйенсек сәйкесінше зерттелініп отырған аумақтың оңтүстік

бөлігінде елді – мекендер көп шоғырланған. ССП орталығында Дегелен ірі тау массиві орналасқан. Бұл жерде Дегеленнің ең ірі жарылысы ұзындығы 10 км-ден асатын Ұзынбұлақ бұлағының аңғары бойымен өтіп жатыр. Массивтің оңтүстік бөлігінде ендік бағыттағы бірқатар жарылыстар байқалады. Сонымен қатар үгітілгіш деформациялар мен ұсақтау аймақтары көбінесе сулы болып табылады және оларды ашатын штольняларға су ағынының жиналуына себепші болып отыр. Ол өз кезегінде топырақтың эрозиясына әсерін тигізіп отыр. Болашақта осы модельдерді негізге ала отырып және топырақ эрозиясына жеке дара модель негізінде қарастыратын боламыз.

### Қорытынды

ССП аумағында топырақ жамылғысы зерттеулерге байланысты оңтүстік - батысқа қарай өзгергіштігін байқауға болады. Ертис өзені алқабының маңы күрең - ашық күрең топырақ жамылғысы Қазақтың ұсақ шоқыларының адырлы сортаң қызғылт сортаң топырағы алып жатыр, содан кейін күрең - ашық күрең және толық жетілмеген шақпатасты үйінді түзілімдері төмен аудандары бар аласа таулы күрең топырақтары басым.

Геоморфологиялық тұрғыдан алғанда ССП негізінен көтеріңкі құрылымдық-денудациялық тізбектік, толқынды - тізбектік, аккумулятивті жазық болып табылады, аз дәрежеде – денудациялық жазықтан оңтүстік-батысқа қарай Қазақ ұсақ шоқыларына қарай төбелі- тізбектік және конус тәрізді бедер нысандарымен өтеді.

Өңірдің геологиялық құрылымының күрделілігі оның Шыңғыс-Тарбағатай - каледон және Зайсан – герцин жастағы әртүрлі жастағы екі ірі қатпарлы жүйенің түйісу саласындағы жағдайымен анықталады. Аталған қатпарлы жүйелер ені бірінші жүз метрден бірінші километрге дейінгі үзік құрылымдар аймағы түрінде көрінетін қуатты Қалба-Шыңғыс жарылысымен бөлінеді.

ЦМР талдау нәтижесінде рельефтің орташа биіктігі шамамен 450 м, беткейлердің көп бөлігі солтүстік экспозицияның жұмсақ бөлігі ретінде сипатталады. Морфометриялық көрсеткіштер бойынша аралдар беттерінің негізгі түрлері каналдар мен жоталар болып табылады.

Белгілі бір аумақтың рельефі туралы ақпарат алу кезінде ЖҚЗ деректері тиімді және жедел құрал болып табылады. ГАЗ технологияларымен бірге оларды қолдану модельдеуге мүмкіндік береді, сонымен қатар рельефтің негізгі морфометриялық көрсеткіштерін талдау процесін едәуір жылдамдатады, бұл әсіресе аз зерттелген және қол жетімді емес аумақтар үшін өте маңызды.

**Қаржыландыру.** Бұл зерттеу «Семей сынақ полигонында ландшафттарға бейімделген егіншілік жүйесін құру үшін ГАЗ технологияларын қолдана отырып, RUSLE моделі негізінде топырақ эрозиясын бағалау» (AP09563013, №303/12-2 БЖҒМ ҒМ) жобасы аясында қаржыландырылды.

### Әдебиеттер тізімі

1. Ласточкин А.Н. Общая Геоморфология рельефа. – Санкт-Петербург: Недра, 1991. - 105 с.
2. Симонов Ю.Г. Морфометрический анализ рельефа. – Смоленск: СГУ, 1998. – 270 с.
3. Дубасов Ю.В. Семипалатинский испытательный полигон: оценивая радиологические последствия // Бюллетень Центра общественной информации по атомной энергии. - 1993. - Спец. выпуск. 22-34 с.
4. Батырбеков Э.Г. Новое качество полигона // Человек, энергия, атом. - 2013. - №1 (19). - С. 8-14.
5. Куценко В.М. Нам есть чем гордиться// Человек, энергия, атом. - 2013. - №1 (19). - С. 14-20.
6. Лукашенко С.Н. Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного



полигона Республиканская бюджетная программа 011 // Обеспечение радиационной безопасности»: отчет о РБП ИРБЭ НЯЦ РК. - 2005-2010. - 169 с.

7. Спиридонов А.И. Основы общей методики полевых геоморфологических исследований. – Москва: Высшая школа, 1970. – 458 с.

8. Анисимов В.И. Морфометрический анализ рельефа. – Сочи: Наука, 1999. – 321 с.

9. Wood J.D. The Geomorphological Characterization of Digital Elevation Models. [Электрон. ресурс]. – URL: [https://leicester.figshare.com/articles/thesis/The\\_geomorphological\\_characterisation\\_of\\_Digital\\_Elevation\\_Models\\_/10152368](https://leicester.figshare.com/articles/thesis/The_geomorphological_characterisation_of_Digital_Elevation_Models_/10152368) (дата обращения: 06.09.2021).

10. Alos-2/Palsar-2 Observation Result for Eruption. [Электрон. ресурс]. - URL: [https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/url\\_change\\_info\\_e.htm](https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/url_change_info_e.htm). (дата обращения: 06.09.2021).

**Ж.К. Мукалиев, Н.Е. Женисова**

*Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан*

### **Проведение морфометрического анализа рельефа при оценке эрозии почв**

**Аннотация.** Морфометрический анализ рельефа является одним из самых эффективных методов его исследования. Основными источниками информации при цифровом моделировании рельефа являются крупномасштабные топографические карты, материалы полевых инструментальных съёмок, а также данные дистанционного зондирования Земли. Применение ГИС-технологий и цифровых моделей рельефа дает возможность создавать тематические карты важнейших морфометрических показателей рельефа. В данной статье проведен морфометрический анализ рельефа СИП с использованием цифровой модели рельефа Alos Palsar Dem 12,5m на основании которой были построены производные модели: гипсометрическая карта, карты углов наклона и экспозиции склонов.

**Ключевые слова:** ГИС, ДЗЗ, карта, картография, рельеф, ландшафт, ЦМР, СИП, морфометрический анализ.

**Zh.K. Mukaliyev, N.E. Zhenysova**

*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

### **Morphometric analysis of the relief in the assessment of soil erosion**

**Abstract.** Morphometric analysis of the relief is one of the most effective methods of its study. The main sources of information for digital terrain modeling are large-scale topographic maps, materials of field instrumental surveys, as well as data from remote sensing of the Earth. The use of GIS technologies and digital terrain models makes it possible to create thematic maps of the most important morphometric relief indicators. There was carried out a morphometric analysis of the M&A relief using the digital relief model Alos Palsar Dem 12.5m, based on which derived models have constructed a hypsometric map, maps of slope angles, and slope exposures.

**Keywords:** GIS; remote sensing; map; cartography; relief; landscape; DEM; SIP; morphometric analysis.

## References

1. Lastochkin A.N. Obshchaya Geomorfologiya rel'efa [General Geomorphology of Relief] (Nedra, Sank-Peterburg, 1991, 105 p.). [in Russian]
2. Simonov YU.G. Morfometricheskij analiz rel'efa [Morphometric relief analysis] (SGU, Smolensk, 1998, 270 p.). [in Russian]
3. Dubasov YU.V. Semipalatinskij ispytatel'nyj poligon: ocenivaya radiologicheskie posledstviya [Semipalatinsk Test Site: Assessing the Radiological Consequences] Byulleten' Centra obshchestvennoj informacii po atomnoj energii. 22-34 (1993). [in Russian]
4. Batyrbekov E.G. Novoe kachestvo poligona, [New polygon quality]. Chelovek, energiya, atom. 1(19), 8-14 (2013). [in Russian]
5. Kucenko V.M. Nam est' chem gordit'sya, [We have something to be proud of]. Chelovek, energiya, atom. 1(19), 14-20 (2013). [in Russian]
6. Lukashenko S.N. Obespechenie bezopasnosti byvshego Semipalatinskogo ispytatel'nogo poligona Respublikanskaya byudzhethnaya programma 011 [Ensuring the safety of the former Semipalatinsk test site Republican budget program 011] Obespechenie radiacionnoj bezopasnosti, otchet o RBP. IRBE NYAC RK, 169 (2005 – 2010). [in Russian]
7. Spiridonov A.I. Osnovy obshchej metodiki polevyh geomorfologicheskikh issledovanij [Fundamentals of the general methodology of field geomorphological research] (Vysshaya shkola, Moskva, 1970, 458 p.). [in Russian]
8. Anisimov V.I. Morfometricheskij analiz rel'efa [Morphometric relief analysis] (Nauka, Sochi, 1999, 321 p.). [in Russian]
9. Wood J.D. The Geomorphological Characterization of Digital Elevation Models. [Electronic resource] – Available at: [https://leicester.figshare.com/articles/thesis/The\\_geomorphological\\_characterisation\\_of\\_Digital\\_Elevation\\_Models\\_/10152368](https://leicester.figshare.com/articles/thesis/The_geomorphological_characterisation_of_Digital_Elevation_Models_/10152368) (Accessed: 06.09.2021).
10. Alos-2/Palsar-2 Obersarvation Result for Eruption. [Electronic resource] – Available at: [https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/url\\_change\\_info\\_e.htm](https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/url_change_info_e.htm) (Accessed: 06.09.2021).

## Авторлар туралы мәлімет::

*Мукалиев Ж.К.* - техника ғылымдарының магистрі, «Геоинформатика» мамандығы бойынша докторант, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

*Жеңісова Н.Е.* - 2 курс студенті, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

*Mukaliyev Zh.K.* - Master of Technical Sciences, doctoral student in Geoinformatics, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

*Zhenysova N.E.* - The 2<sup>nd</sup> year master's degree student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.