

ISSN 1563-0234  
eISSN 2663-0397

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

# ХАБАРШЫ

География сериясы

---

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

# ВЕСТНИК

Серия географическая

---

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

# JOURNAL

of Geography and Environmental Management

---

№3 (62)

Алматы  
«Қазақ университеті»  
2021



# ХАБАРШЫ

ГЕОГРАФИЯ СЕРИЯСЫ №3 (62) қыркүйек

ISSN 1563-0234  
eISSN 2663-0397



04.05.2017 ж. Қазақстан Республикасының Мәдениет, ақпарат және қоғамдық келісім министрлігінде тіркелген

**Қуәлік №16502-Ж.**

*Журнал жылына 4 рет жарыққа шығады  
(наурыз, маусым, қыркүйек, желтоқсан)*

## ЖАУАПТЫ ХАТШЫ

**Нарбаева К.Т.**, PhD, доцент м.а.

(Қазақстан)

e-mail: vestnik.kaznu.geo@gmail.com

## РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

**Қалиасқарова З.К.**, г.ғ.к., доцент – ғылыми редактор

(Қазақстан)

**Шоқпарова Д.К.**, PhD, доцент м.а., ғылыми

редактордың орынбасары (Қазақстан)

**Асқарова М.А.**, г.ғ.д., профессор м.а. (Қазақстан)

**Плохих Р.В.**, г.ғ.д., профессор м.а. (Қазақстан)

**Бексентова Р.Т.**, г.ғ.д., профессор (Қазақстан)

**Кожаяев Д.Т.**, PhD, аға оқытушы (Қазақстан)

**Нысанбаева А.С.**, г.ғ.к., аға оқытушы (Қазақстан)

**Ивкина Н.И.**, г.ғ.к., доцент (Қазақстан)

**Родионова И.А.**, г.ғ.д., профессор (Ресей)

**Béla Márkus** (Белла Маркус) профессор (Венгрия)

**Fernandez De Arroyabe Pablo** (Фернандес Де Арройеб Пабло), профессор (Испания)

**Севастьянов В.В.**, г.ғ.д., профессор (Ресей)

**Мазбаев О.Б.**, г.ғ.д., профессор (Қазақстан)

**Исанова Г.Т.**, PhD (Қазақстан)

**Христиан Опп**, профессор (Германия)

**Эйюп Артвинли**, PhD, профессор (Түркия)

**Каратаев Марат**, PhD (Ұлыбритания)

**Джилли Айбдувайли**, г.ғ.д., профессор (Қытай)

## ТЕХНИКАЛЫҚ ХАТШЫ

**Ерболқызы С.** (Қазақстан)

Тақырыптық бағыты: қоршаған орта туралы ғылымдар, география, метеорология, гидрология, туризм, экология, геодезия, картография, геоақпараттық жүйелер, жерді қашықтықтан зондылау.



## Жоба менеджері

Гульмира Шаққозова

Телефон: +7 7017242911

E-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

## Редакторлары:

Гульмира Бекбердиева

Ағла Хасанқызы

## Компьютерде беттеген

Айгүл Алдашева

## ИБ № 14990

Пішімі 60x84 1/8. Көлемі 8,75 б. т. Тапсырыс № 9646.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің «Қазақ университеті» баспа үйі.

050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.

«Қазақ университеті» баспа үйінің баспаханасында басылды.

© Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2021

1-бөлім  
**ФИЗИКАЛЫҚ, ЭКОНОМИКАЛЫҚ  
ЖӘНЕ ӘЛЕУМЕТТІК ГЕОГРАФИЯ**

---

Section 1  
**PHYSICAL, ECONOMIC  
AND SOCIAL GEOGRAPHY**

---

Раздел 1  
**ФИЗИЧЕСКАЯ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ  
И СОЦИАЛЬНАЯ ГЕОГРАФИЯ**

Ү.Н. Касен\* , Ш.Г. Каирова 

Торайғыров университеті, Қазақстан, Павлодар қ.

\*e-mail: [umitzhan98@mail.ru](mailto:umitzhan98@mail.ru)

## ПАВЛОДАР ОБЛЫСЫ АУЫЛДЫҚ ЖЕРЛЕРІН ДАМУДЫҢ ЭКОНОМИКАЛЫҚ-ГЕОГРАФИЯЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ

Қазақстан Республикасы халқына Жолдауында Президент ауыл аумақтарының өмір сүру сапасын жақсарту және экономикалық жағдайын арттыру міндетін қойды. Бұл міндетті орындауда маңызды қадам – ауылдық аумақтарды зерттеу, олардың экономикалық даму деңгейін анықтау болып табылады. Бұл ғылыми мақалада индикаторларды, соның ішінде экономикалық даму индикаторын қолдана отырып, ауылдық аумақтарды бағалау әдістемесі сипатталған. Павлодар облысы аудандарының түрлі экономикалық салаларының статистикалық мәліметтері жүйеленді. Зерттеу барысында әр ауданның экономикалық көрсеткіштерінің рейтингтік бағасы есептелді, нәтижесінде оларды түрлерге жіктеуге мүмкіндік туды. Мақаланың нәтижесі Павлодар облысының ауылдық аумақтарын экономиканың даму деңгейі бойынша үш түрге бөлу болып табылады, осы түрлерді сипаттайтын карта жасалды, экономиканың әрбір саласының артықшылықтары мен кемшіліктері көрсетілді, бұл болашақта олардың қайсысын жақсарту керектігін түсінуге мүмкіндік береді. Анықталған түрлерге сай облыс аудандары мен ауылдарында жүргізе алынатын арнайы шаралардың үлгісі көрсетілген. Берілген шараларға сүйене отырып әрбір ауданда қандай жұмыстар жүргізілуі тиіс екендігі анықталған. Сонымен қатар, әр ауылдық жердегі өмір сапасының деңгейі туралы сөз көтеріліп, оның қазіргі кездегі маңыздылығы туралы айтылды.

**Түйін сөздер:** ауылдық жерлер, ауылдық жерлерді экономикалық бағалаудың әдістемесі, типология, экономикалық индикатор, тұрақты дамудың индикативтік жүйесі.

U.N. Kassen\*, Sh.G. Kairova

Toraighyrov university, Kazakhstan, Pavlodar

\*e-mail: [umitzhan98@mail.ru](mailto:umitzhan98@mail.ru)

### Economic and geographical aspects of development of rural areas in Pavlodar region

In the last message to the people of the Republic of Kazakhstan, the President set the task of improving the quality of life and improving the economic condition of rural areas. An important step towards this task is to study rural areas and determine their level of economic development. In this article describes a methodology of evaluation of rural territories with the use of indicators, including the indicator of economic development. Statistical data of various economic sectors of the districts of Pavlodar region were systematized. In the course of the study, a rating assessment of the economic indicators of each district was calculated, as a result of which it became possible to classify them into types. The result of this article is the division of rural areas of Pavlodar region into three types according to the level of economic development, a map was compiled describing these types, showing the pros and cons of each of the sectors of the economy, which allows us to understand which of them should be improved in the future. A sample of special measures that can be carried out in the districts and villages of the region in accordance with the identified types is shown. Based on these measures, it is determined what work should be carried out in each district. At the same time, the word about the level of quality of life in each rural area was raised, and its importance in the present day was emphasized.

**Key words:** rural territories, methodology of economic assessment of rural territories, typology, economic indicator, indicative system of sustainable development.



Ү.Н. Касен\*, Ш.Г. Каирова

Торайғыров университет, Қазақстан, г. Павлодар,  
\*e-mail: umitzhan98@mail.ru

### Экономико-географические аспекты развития сельских территорий Павлодарской области

В последнем Послании народу Республики Казахстан Президентом была поставлена задача улучшения качества жизни и повышения экономического состояния сельских территорий. Важным шагом к выполнению этой задачи является исследование сельских территорий, определение их уровня экономического развития. В данной научной статье описывается методика оценки сельских территорий с использованием индикаторов, в том числе индикатора экономического развития. Были систематизированы статистические данные различных экономических отраслей районов Павлодарской области. В ходе исследования была рассчитана рейтинговая оценка экономических показателей каждого района, в результате чего появилась возможность классифицировать их на виды. Результатом данной статьи является разделение сельских территорий Павлодарской области на три вида по уровню развития экономики, была составлена карта, описывающая эти виды, показаны плюсы и минусы каждой из отраслей экономики, что позволяет понять, какую из них следует улучшить в будущем. В соответствии с выявленными видами приведены примеры специальных мероприятий, проводимых в районах и селах области. Исходя из данных мер, было определено, какие работы должны проводиться в каждом районе. Кроме того, были рассмотрены предположения об уровне качества жизни в каждой сельской местности, рассказано о его важности в настоящее время.

**Ключевые слова:** сельские территории, методика экономической оценки сельских территорий, типология, экономический индикатор, индикативная система устойчивого развития.

#### Кіріспе

ҚР Президенті еліміздегі 7,5 миллион ауыл тұрғынының әл-ауқатын жақсарту мақсатында перспективалы ауылдарды іріктеп, сол ауылдарда әлеуметтік саланы дамытуды, тұрғын үйлер мен жолдар салып, коммуникациялар жүргізуді қарастыратын «Ауыл – Ел бесігі» жобасын іске асыруды тапсырған болатын.

Қазақстан Республикасының экономикасын дамытудың басым бағыттарының бірі ауылдық аумақтарды дамыту болып табылады. Бүгінде Қазақстан ауыл халқы мен еңбек ресурстарының елеулі үлес салмағы бар, осындай үрдісті ұзақ уақыт бойы сақтап келе жатқан аумақ ретінде қарастырып, халықтың тіршілік әрекеті үшін қалыпты жағдай жасаудың маңызы зор.

Жобаны іске асыру үшін деректерді жүйелеу және ауылдық аумақтардың типтерін анықтау арқылы, яғни олардың типологиясының көмегімен қол жеткізуге болады.

Жұмыстың мақсаты – «тұрақтылықты» бағалауға және ауылдық жерлерді түрлері бойынша топтастыруға мүмкіндік беретін әдіснаманы қолданып, Павлодар облысы аудандарын экономикалық индикаторлары бойынша баға беру; топтастыру.

Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер шешілді: ғылыми әдебиеттер мен шетел ғалымдарының жұмыстары зерттелді; статисти-

калық ақпаратты қолданып, Павлодар облысы аудандары жайлы ақпарат жүйеленді; берілген әдіснама негізінде санаулар жүргізіліп, облыстың ауылдық жерлері экономикалық жағдайы бойынша бағаланды; нәтижесіне қарап аудандар белгілі бір рейтингке ие болды.

**Ғылыми зерттеу әдіснамасы** статистикалық әдіс ретінде әлеуметтік-экономикалық ақпарат туралы мәліметтерді талдау үшін статистикалық деректерді зерттеу әдісі, елдегі қоғамдық өмірдің белгілі бір уақыт кезеңінде өткен демографиялық және басқа құбылыстар мен процестерді талдау; аналитикалық әдіс ретінде зерттеу объектісін құрамдас бөліктерге бөлу, элементтер, компоненттер бойынша қарастыру, жиналған материалдарды жалпылау, алынған нәтижелерді бағалау және негізгі тұжырымдарды нәтижелеу; математикалық әдіс ретінде берілген формулалар арқылы санаулар жүргізіп, негізгі нәтижелерді шығару; шетел ғалымдарының ауылдық жерлерді топтастыруға, индикаторларды қолданып баға беруге арналған әдіснамасы және т. б.

#### Нәтижелері мен талқылама

Ауылдық аумақтарды бағалау тұрақты дамудың интегралдық индикаторы көмегімен жүзеге асады. Оған үш индикатор – қоғамның ұқсас салаларын көрсететін әлеуметтік, экономи-

калық, экологиялық жатады. Өз кезегінде, белгілі бір индикатор оның салаларының индикаторларынан тұрады (1-сурет). Салалардың индикаторлары олардың жағдайын сипаттайтын негізгі көрсеткіштерден тұрады. Ақпарат көзі Қазақстан Республикасының мемлекеттік статистика комитетінің статистикалық жинағы болып табылады.

Ауылдық жерлердің тұрақты дамуының интегралдық индикаторын есептеу реті келесідей жүреді. Көрсеткіштер кестеге жазылып, аудандар (А) бір жолға, ал көрсеткіштері (В) бағандарға орналасады (1-кесте).

Содан соң әрбір көрсеткіш бойынша коэффициенті есептеледі: көрсеткіштің нақты мәні мен ең нашар мәнінің айырмасы ең жақсы мәні мен ең нашар мәнінің айырмасына бөлінеді.

$$Y_i = \frac{(B_i - B_k)}{(B_a - B_k)}$$

$Y_i$  – көрсеткіштің рейтингтік бағасы;  
 $B_i$  – көрсеткіштің нақты мәні;  
 $B_k$  – көрсеткіштің ең нашар мәні;

$B_a$  – көрсеткіштің ең жақсы мәні.

Коэффициентті есептеу өлшемдік шамаларды өлшемсіз шамаға әкелуге мүмкіндік береді. Коэффициент 0 мен 1 аралығында өзгереді. Сол себепті өлшем неғұрлым бірге жақын болса, таңдалған көрсеткіш бойынша ауданның даму деңгейі соғұрлым жоғары болады. Көрсеткіштер индикаторларға келесідей біріктіріледі:

- Экономиканың белгілі бір саласының, әлеуметтік саланың немесе экологияның индикаторы осы саланы сипаттайтын көрсеткіштердің орташа геометриялық рейтингтік бағалау ретінде есептеледі:

$$I = \frac{V1 + V2 + V3 + V4 + \dots + V_n}{n}$$

I – белгілі бір саланың біріктірілген индикаторы;

V – көрсеткіштердің рейтингтік бағасы;

n – таңдалған көрсеткіштер саны.

- Экономикалық, әлеуметтік немесе экологиялық дамудың индикаторы өз салаларының даму индикаторларының орташа геометриялық мәні ретінде есептеледі.



1-сурет – Ауылдық жерлердің тұрақты дамуының индикативті жүйесі

Ғылыми мақалада зерттеуге үшіндикатордың ішіндегі экономикалық индикаторы назарға алынды. Берілген кестеге сүйене отырып, әрбір индикатордың көрсеткіштері статистикалық ақпараттардан жинақталынып, есептелуге беріл-

ді. Төмендегі 1-кестеде экономикалық көрсеткіштер мен аудандарды орналастыру реті көрсетілген. Осы үлгіге сүйене отырып кез келген облыс аудандарын орналастыруға, келесіде экономикалық индикаторларды есептеуге болады.

**1-кесте** – Көрсеткіштер бойынша аудан мәндерін жазудың кестелік үлгісі

Аудандар (A)	Көрсеткіш B1	Көрсеткіш B2	Көрсеткіш ...	Көрсеткіш Bn
A1	B1 (A1)	B2 (A1)	... (A1)	Bn (A1)
A2	B1 (A2)	B2 (A2)	... (A2)	Bn (A2)
... An	B1 (An)	B2 (An)	... (An)	Bn (An)

**Экономикалық индикаторлар**

**Экономикалық және инвестициялық белсенділік индикаторы**

- Экономикалық қызмет түрлері бойынша 1000 адамға шаққанда ұйымдардың саны;

**Шағын және орта кәсіпкерлікті дамыту индикаторы**

- Жеке меншік нысанындағы ұйымдардың саны, бірлік, 10 мың адамға шаққанда;

- 1000 адамға шаққанда жеке кәсіпкерлер саны

**Өнеркәсіпті дамыту индикаторы**

- Халықтың жан басына шаққандағы экономикалық қызмет түрлері бойынша өнеркәсіптік өндірістің көлемі

**Тауарлар мен қызметтер нарығының жағдайының индикаторы**

- Халықтың жан басына шаққандағы бөлшек сауда айналымы;

**Ауыл шаруашылығын дамыту индикаторы**

- Барлық санаттағы шаруашылықтардағы ауыл шаруашылығы дақылдарының егіс алаңы;

- Жан басына шаққанда өсімдік шаруашылығы өнімін өндіру көлемі;

- Жан басына шаққанда мал шаруашылығы өнімін өндіру көлемі, мың тонна;

- Жан басына шаққанда қолда бар дәнді және бұршақ дақылдары, тонна;

- Бір сиыр басына деген сауын сүт көлемі, тонна;

- Жыл соңындағы барлық санаттағы шаруашылықтардағы ІҚМ басы, бас.

Жоғарыда берілген экономикалық индикаторлар мен олардың көрсеткіштерін қолдана отырып, төменде Павлодар облысы аудандарының кестесі құрылды. Экономикалық көрсеткіштер

ҚР статистика комитетінің соңғы жинақтарынан, яғни 2021 жылдың 1 қаңтарына сай ақпарат бойынша жинақталынды (2-кесте). Көрсеткіштер экономикалық индикатор болып саналу үшін бір түрлі болуы тиіс. Сол себепті көрсеткіштер жан басына немесе мың адамға шаққанда саналады. Бұл ақпарат әрбір көрсеткішке сай келетін есептеулер бойынша алынды.

Өткен жылы Президент Үкіметтің алдына ауыл шаруашылығының резервтерін халықтың тұрмыс деңгейін және әл-ауқатын арттыру мақсатында пайдалана отырып, оның ішкі мүмкіндіктерін жұмылдыру міндетін қойды. Бұл міндеттерді біз Президент Жолдауынан білеміз.

Қазақстанның кең байтақ аудандарының бірі 124,7 мың км<sup>2</sup> алып жатқан Павлодар облысы орналасқан солтүстік-батыс аймағы болып табылады. Аймақтың топырақ және климаттық жағдайлары басқа шектес жатқан республиканың солтүстік, орталық және шығыс аймақтардан құрғақтығы мен топырақ құнарлығының төмендігімен айтарлықтай ерекшеленеді.

Он жыл бойы жалғасқан ауылдық елді мекендер желісін азайту процесі (жартысынан көбі – саны аз, халқы 500 адамнан кем, ауыл халқының 9,8 %-ы тұратын) ауылдық аумақтарды әлеуметтік орналастыруды қиындатты, бұл еңбекке қабілетті халықтың, әсіресе жастардың ауылдан қалаға көшуіне және халықтың урбанизациясының болмай қалмауына әкеп соқты. Ауылдық аумақтарда өмір сүру деңгейі мен сапасы арасындағы әлеуметтік-экономикалық сәйкессіздіктер әлі де сақталуда. Қазіргі уақытта ауылдық аумақтарда ел халқының 42%-ы тұрады. Аграрлық азық-түлік секторының даму ерекшеліктерін және ауыл шаруашылығы қызметінен түсетін кірістердің өсуін ескере отырып, ауыл халқының қазіргі шамадан тыс көп

болуы халықтың өмір сүру деңгейінің өсуін тежеу себептерінің бірі болып табылады, бұл елдің орнықты дамуын жоспарлауды қиындатады.

Зерттеудің әлеуметтік, экономикалық және экологиялық аспектілері тығыз байланысты және тек жиынтығында ауыл халқы, оның жай-күйі, мәселелері және даму болашағы туралы кешенді көрініс береді. Осылайша, ауылдық жерлердегі

өмір сүру деңгейінің жағдайын бағалау критерийлері ретінде мынадай көрсеткіштерді пайдалану қажет: медициналық-демографиялық, әлеуметтік, экономикалық және экологиялық.

Павлодар облысының құрамына 10 әкімшілік аудан, облыс орталығы – Павлодар қаласы кіреді. Сонымен қатар 3 қала, 7 кент, 165 ауылдық (селолық) округ және 408 ауыл бар.

2-кесте – Павлодар облысы аудандарының негізгі экономикалық көрсеткіштері, 2021 жыл

Аудан	Экономикалық қызмет түрлері бойынша 1000 адамға шаққанда ұйымдардың саны	Жеке меншік нысанындағы ұйымдардың саны, бірлік, 10 мың адамға шаққанда	1000 адамға шаққанда жеке кәсіпкерлер саны	Халықтың жан басына шаққандағы экономикалық қызмет түрлері бойынша өнеркәсіптік өндірістің көлемі	Халықтың жан басына шаққандағы бөлшек сауда айналымы	Жан басына шаққандағы қызметтер нарығы
Ақтоғай	0,9	530	29,4	5,9	11,1	28,7
Баянауыл	4,7	583	34,3	133,2	12,8	38,9
Железин	4,1	499	32,4	11,2	16,7	30,3
Ертіс	4,6	614	37,8	11,4	18,3	28,5
Тереңкөл	4,1	495	31,8	15,6	22,2	26,7
Аққулы	0,5	554	33,8	6	11,4	37,2
Май	1,3	652	40,2	9,7	14,4	39,3
Павлодар	5,1	514	24,8	7,1	8,4	40,9
Успен	2,8	562	33	11,6	36,7	57,5
Шарбақты	4,1	489	34,5	28,9	24,7	33

Аудан	Барлық санаттағы шаруашылықтардағы ауыл шаруашылығы дақылдарының егіс алаңы	Жан басына шаққанда мал шаруашылығы өнімін өндіру көлемі, мың тенге	Жан басына шаққанда қолда бар дәнді және бұршақ дақылдары, тонна	Бір сиыр басына деген сауын сүт көлемі, тонна
Ақтоғай	63,5	36,7	0,2	1,4
Баянауыл	25,3	26	0,1	1
Железин	172,8	69	4,5	2,2
Ертіс	219,1	44	6,9	2,1
Тереңкөл	227,7	34	1,9	2,4
Аққулы	17,1	34,6	0,001	1,7
Май	8,5	44	0,1	1,6
Павлодар	116,6	46,5	0,3	2,8
Успен	211,5	38,3	6,5	2,3
Шарбақты	158,1	51,5	2	3,2

Кестедегі ақпаратты қолдана отырып, әр ауданның күшті және әлсіз жақтарын байқауға болады. Осы көрсеткіштерді қолданып, әрбір

ауданның жақсы не нашар дамыған жақтарын көру үшін, қорытынды индикаторға келу керек. Жоғарыда берілген формулалар көмегімен

әр көрсеткіш ішінде көшбасшысы мен аутсайдерін көруге болады. Төменде өткізілген есептеулердің нәтижесін көруге болады (3-кесте). Алдымен әр экономикалық көрсеткіштің (B1, B2, т.б.) рейтингтік бағасы анықталды.

Бұл баға 0 мен 1 шама аралығында саналады және аудандар арасындағы айырмашылықты анық көрсетеді. Шама неғұрлым бірге жақын, сол сала көрсеткішінің даму деңгейі соғұрлым жоғары.

3-кесте – Аудан көрсеткіштерінің рейтингтік бағасы мен экономикалық индикаторлары

Аудан	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	Нәтижесі
Ақтоғай	0,09	0,2	0,3	0	0,09	0,2	0,2	0,03	0,2	0,5	0,181
Баянауыл	0,9	0,6	0,6	1	0,1	0,07	0	0,01	0	0,7	0,398
Железин	0,8	0,06	0,5	0,04	0,3	0,7	1	0,6	0,5	0,05	0,455
Ертіс	0,9	0,8	0,8	0,04	0,3	1	0,4	1	0,5	0,05	0,579
Тереңкөл	0,8	0,04	0,4	0,08	0,5	1	0,2	0,3	0,6	0,3	0,422
Аққулы	0	0,4	0,6	0,0007	0,1	0,04	0,2	0	0,3	0,7	0,23407
Май	0,2	1	1	0,03	0,2	0	0,4	0,01	0,3	1	0,414
Павлодар	1	0,1	0	0,009	0	0,5	0,5	0,04	0,8	0	0,2949
Успен	0,5	0,4	0,5	0,04	1	0,9	0,3	0,9	0,6	0,2	0,534
Шарбақты	0,8	0	0,6	0,2	0,6	0,7	0,6	0,3	1	0,1	0,49

Халықтың экономикалық өмір сүру жағдайы өмір сүру үлгісін, жұмыспен қамту және жұмыссыздық деңгейін, еңбек ресурстарының кәсіби құрамын, жан басына шаққандағы ақшалай табыстар мен шығыстарды айқындайды. Экономикалық даму қарқынының жалпы төмендеуі, ұжымдық ауыл шаруашылығы өндірісі көлемінің күрт қысқаруымен және оның материалдық-техникалық базасының бұзылуымен қатар, аграрлық-өндірістік құрылымдық кешеннің қайта құрылуы, ауыл шаруашылығының өнеркәсіппен балама емес алмасуынан қаржы шығындарының өсуі ауыл халқының өмір сүру сапасы деңгейіне әсер етпей қалмады.

Өмір сүру деңгейі мен сапасын қалыптастырудың материалдық негізі халықтың тұтынушылық мінез-құлқын айқындайтын ақшалай табыстары болып табылады. Табыстың саралануы салдарынан халықтың қызметтер мен тауарларды тұтыну деңгейі мен сапасы бойынша күрт қатпарлануы орын алды, нәтижесінде тұрғындардың көп бөлігінің тұтыну стандарттары төмендейді. Ауылдық жерлерде кедейліктің кең таралуының негізгі себебі – еңбекке ақы төлеудің төмендігі. Аграрлық сектор экономиканың салалық құрылымында соңғы орынды алады, тиісінше ауылдық жерлерде әлеуметтік төлемдер мен жеке қосалқы шаруашылықтан ауыл шаруашылығы өнімдерін сатудан түскен табыстардың өсу үрдісі байқалады. Ауылда өмір

сүру деңгейінің төмендеу көрсеткіші азық-түлікке шығындардың өсуі болып табылады, ал қала халқының бұл бөлігінде азық-түлік емес тауарлар басым.

Өмір сүру деңгейі мен сапасына адамдардың әлеуметтік жағдайы тікелей әсер етеді. Адамдар мекендейтін әлеуметтік ортаның сапасы халыққа қызмет көрсетуді және оның заттай өмірлік қажеттіліктерін қанағаттандыруды жүзеге асыратын компоненттер кешенінен тұратын әлеуметтік-тұрмыстық инфрақұрылымның даму деңгейімен сипатталады. Әлеуметтік-тұрмыстық инфрақұрылым мен аймақтық нормативтер көрсеткіштерінің арақатынасы зерттелетін аймақтағы адамдардың өмір сүру деңгейінің коэффициентін береді.

Ауыл шаруашылығындағы өндірістік дағдарыс және оған ілеспе демографиялық жағдайдың шиеленісуі денсаулық сақтау, білім беру, мәдениет, тұрмыстық қызмет көрсету, сауда, қоғамдық тамақтану мекемелерін қамтитын ауылдың әлеуметтік саласының қалыптасуы мен дамуына кері әсер етеді. Осы мекемелердің көпшілігі жабылып қалды немесе олардың көлемін едәуір қысқартты. Нәтижесінде ауыл тұрғындары көптеген қызмет түрлерін алмай, өз қажеттіліктерін қанағаттандыруда қиындықтарға тап болады.

Экономиканың дамығандығы халықтың өмір сүру деңгейін көтеруге әкеледі, сол себепті

қазіргі кезде ауылдық жерлердегі экономика салаларының әлсіз және мықты жақтарын білу аса маңызды.

2020 жылы 15 және одан жоғары жастағы жұмыс күшінің саны 410,5 мың адамды құрады. Павлодар облысындағы жұмыспен қамтылған халық саны 391,1 мың адамды құрады, соның ішінде 331,4 мың адам (жұмыспен қамтылғандар жалпы санынан 84,7 %) – жалдамалы қызметкерлер, 26,8 мың адам (6,8 %) – дара кәсіпкерлер, 32,9 мың адам (8,4 %) – тәуелсіз жұмыскерлер. Жұмыссыздық деңгейі 4,7 %-ды құрады.

### Қорытынды және тұжырымдама

Нәтижесінде әр аудан бойынша біріктірілген нәтижеге келуге болады. Осы экономикалық индикаторлар бойынша экономикалық даму деңгейі бойынша аудандар топтастырылды (4-кесте). Сайып келгенде, Павлодар облысының аудандарының экономикалық даму индикаторын есептеп, 3 түрге бөлінді. Аса тұрақты ауылдық жерлерге 4 аудан: Железин, Ертіс, Успен, Шарбақты. Бұл аудандар экономика салаларының жоғары дамуымен сипатталады.

4-кесте – Павлодар облысы ауылдық жерлерінің түрлері

Павлодар облысы ауылдық жерлерінің түрлері	Интервал	Аудандар
Аса тұрақты аудандар	0,181–0,330	Железин, Ертіс, Успен, Шарбақты
Орташа тұрақты аудандар	0,331–0,454	Баянауыл, Терекөл, Май
Тұрақсыз аудандар	0,455–0,579	Ақтоғай, Аққулы, Павлодар

Қорытындылай келе, анықталған мәліметтерді қолдана отырып Павлодар облысы аудандарының экономика саласының даму деңгейіне қарай түрлерге топтастырылды. Төмендегі 2-суретте облыс аудандарының түрлері белгіленген. Сонымен қатар, Екібастұз және Ақсу қалалары ауылдық аумаққа жатпай, картаға шарт түрінде енгізілді.

Павлодар облысы ауылдық жерлерінің дамуын басқарудың типологиялық тәсілі ауыл халқының салыстырмалы өмір сүру жағдайларын қамтамасыз етуге, халықтың бір аумақтан кетуінің теріс үрдістерін және еңбек ресурстарының басқаларына шамадан тыс шоғырлануын еңсеруге мүмкіндік береді.

Жүргізілген зерттеулерді іске асыру қандай да бір ауданды бір түрге жатқызудың маңыздылығын арттыру, сондай-ақ болашақта ауыл-

Ұсынылған түрлерді ескере отырып, ауылдық жерлерді дамытудың келесі бағыттарын жасауға болады:

- аудандардың бірінші түрі үшін даму келешегі көп салалы ауыл экономикасын қалыптастыру және ресурстық-рекреациялық әлеуетті игеру;

- аудандардың екінші түрі үшін экономиканы әртараптандыру орман шаруашылығы, туристік-рекреациялық қызметтің әртүрлі бағыттары, экологиялық бағдарланған ауыл шаруашылығы, шағын кәсіпкерліктерді дамыту жұмыстарын жүргізу және қауымдастыру;

- аудандардың үшінші түрі үшін экономикалық «өсу нүктелерін» анықтау қажет және аграрлық өндірістің тиімділігін арттыруға негізделген ауыл шаруашылығына жатпайтын қызмет, өндірістік объектілер кешендерін пайдалану әлеуетін дамыту, кәсіпкерлік ортасын жақсарту;

- жоғарыда берілген ұсыныстар жарамайтын аудандар үшін экономиканы қайта құрылымдау, өнімнің мамандануы мен ассортиментін арттыру, кәсіпорындардың бәсекеге қабілеттілігін арттыру, бюджетаралық өзара іс-қимылды түзету, ауыл халқының жұмыспен қамтылуын және табысын арттыру шарттарын қолдануға болады.

дық жерлерді дамытудың стратегиялық бағыттарын әзірлеу үшін ғылыми негіз бола алады.

Тұрақты ауылдық жерлерге 3 аудан жатады: Терекөл, Баянауыл, Май. Бұл аудандардың экономикалық жағдайы орташа дамыған және кейбір салаларын дамытуға талап етіледі. Осы сипаттамаға сай аудандарды жартылай дамыған деп айтуға болады.

Экономикасы тұрақсыз ауылдық жерлерге қалған 3 аудан кіреді: Павлодар, Аққулы, Ақтоғай. Аудандар экономикасында, әсіресе өнеркәсіп пен шағын және орта кәсіпкерлік нашар дамыған. Ақтоғай және Аққулы аудандары экономика салалары өте нашар дамыған және келешекте айрықша назарға ие болуы тиіс.

Павлодар облысының ауылдық жерлерінің экономика салаларының даму жағдайы жайлы төмендегі кестеде көруге болады (5-кесте).



2-сурет – Павлодар облысы аудандарының түрлері

5-кесте – Павлодар облысы аудандарының экономика салаларының даму жағдайы

Павлодар облысы ауылдық жерлерінің түрлері	Аудандар	Біріктірілген экономикалық даму индикаторы			
		Экономикалық және инвестициялық белсенділік индикаторы	Шағын және орта кәсіпкерлікті дамыту индикаторы	Өнеркәсіпті дамыту индикаторы	Ауыл шаруашылығын дамыту индикаторы
Аса тұрақты аудандар	Шарбақты	+	-	-	+
	Успен	-	-	-	+
	Железин	+	-	-	+
	Ертіс	+	+	-	+
Орташа тұрақты аудандар	Тереңкөл	+	-	-	+
	Баянауыл	+	+	+	-
	Май	-	+	-	-
Тұрақсыз аудандар	Павлодар	+	-	-	+
	Аққулы	-	+	-	-
	Ақтоғай	-	-	-	-

Ескертпе: Дамыған салалар – «+»; дамымаған – «-»

Аудандарға баға берудің осындай әдістемесі ауылдық жерлердің тұрақты даму деңгейін, экономиканың түрлі салаларының дамығандығын анықтауға мүмкіндік береді. Әдістемеге сүйене отырып, ғылыми мақалада Павлодар облысының аудандарына экономикалық даму жағынан кешенді зерттеу жүргізілді. Зерттеу ке-

лешекте әр ауданға арналған жеке бағдарламалар, жоспарлар қарастыруға мүмкіндік береді. Экономиканы дамыту үшін бірінші оның әлсіз жақтарын анықтау маңызды, бұл облыстың әр ауданының экономиканың қай саласы нашар, қай саласын одан ары жақсы дамытуға болатынын көрсетеді.

### Әдебиеттер

- ҚР Президентінің халыққа Жолдауы [Электронды ресурсы]: [https://www.akorda.kz/kz/addresses/addresses\\_of\\_president](https://www.akorda.kz/kz/addresses/addresses_of_president) (01.09.2020 ж.).
- Фролов В.И., Агафонова Е.О. Методические подходы к разработке показателей устойчивого развития сельских территорий // Экономическое возрождение России / СПбГАСУ. – 2011. – № 4. – С. 76-89.
- Genuine savings in developing countries [Электронный ресурс] <http://siteresources.worldbank.org/INTE/936217-1115801208804/20486264/GenuineSavingsRatesinDevelopingCountries1998.pdf>
- Қазақстан Республикасы Стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігі Ұлттық статистика бюросы [Электронды ресурсы]: <https://stat.gov.kz/>
- Туркина Н.Г. Качество и уровень жизни сельского населения. – Иркутск: Институт географии СО РАН, 2015.
- Проблемы и перспективы развития АПК и сельских территорий: монография. Книга 2 / Е.В. Бодрова, А.Н. Бугара, В.В. Калинов и др.; под общ. ред. С.С. Чернова. – Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2015. – 170 с.
- Полякова А.А. К вопросу об устойчивом развитии сельских территорий // Вестник сельского развития и социальной политики. – 2016. – №1 (9). – С. 44-46.
- Ишмуратов М.М., Самигуллина Э.Х. Развитие сельских территорий: федеральный и региональный аспекты // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 4 (часть 3). – С. 595-601.
- Мерзлов А.В., Садыков М.Р., Чайка В.П., Овчинцева Л.А., Попова О.А. Введение в устойчивое развитие сельских территорий: важнейшие понятия и теоретические основы. – М., 2012. – 57 с.
- Вовлечение населения в развитие сельских территорий / О.И. Пантелева [и др.]; под ред. О.И. Пантелеевой. – М., 2012. – 116 с.
- Меренкова И.Н. Устойчивое развитие сельских территорий: теория, методология, практика: монография. – Воронеж: ГНУ НИИЭОАПК ЦЧР России, 2011. – 264 с.
- Wiggins S. How special are rural areas? The economic implications of Location for Rural Development / S. Wiggins, S. Proctor // Development Policy Review. – 2001. – V. 19. – № 4. – Pp. 427-436.
- Rural Development in the EU. Statistical and Economic Information. Report / URL: [https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/statistics/ruraldevelopment/2013/full-text\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/statistics/ruraldevelopment/2013/full-text_en.pdf)
- Типологизация сельских территорий на основе диверсификации экономики: монография / А.Н. Тарасов, Н.И. Антонова и др. – Ростов н/Д: ФГБНУ ВНИИЭиН, Изд-во «АзовПечать», 2016 – 140 с.
- Региональный опыт разработки программ устойчивого развития сельских территорий. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 112 с.

### References

- KR Presidentinin halykka Zholdauy [Electronic resource]: [https://www.akorda.kz/kz/addresses/addresses\\_of\\_president](https://www.akorda.kz/kz/addresses/addresses_of_president) (01.09.2020 zh.).
- Frolov V. I., Agafonova E. O. – (2011). [Metodicheskie podhody k razrabotke pokazatelej ustojchivogo razvitija sel'skih territorij] // Jekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii / SPbGASU. – № 4. – 76-89.
- Genuine savings in developing countries [Elektronnyy resurs] <http://siteresources.worldbank.org/INTE/936217-1115801208804/20486264/GenuineSavingsRatesinDevelopingCountries1998.pdf>
- Kazakstan Respublikasy Strategiialyk zhosparlau zhane reformalar agenttigi yltyk statistika biurosy [Elektronnyy resurs]: <https://stat.gov.kz/>
- N. G. Turkina (2015). [Kachestvo i uroven' zhizni sel'skogo naselenija]. – Irkutsk : Institut geografii SO RAN.
- Bodrova E. V., Bugara A. N., Kalinov V. V. i dr. / Pod obshh. red. Chernova S. S. (2015). [Problemy i perspektivy razvitija APK i sel'skih territorij: monografija]. Kniga 2/– Novosibirsk : Izdatel'stvo CRNS. – 170 s.
- Poljakova A. A. (2016). [K voprosu ob ustojchivom razvitii sel'skih territorij] // Vestnik sel'skogo razvitija i social'noj politiki. №1 (9). S. 44-46.
- Ishmuratov M. M., Samigullina Je. H. (2016). [Razvitie sel'skih territorij: federal'nyj i regional'nyj aspekty] // Fundamental'nye issledovaniya. № 4 (chast' 3). S. 595-601.
- Merzlov A. V., Sadykov M. R., Chajka V. P., Ovchinceva L. A., Popova O. A. (2012). [Vvedenie v ustojchivoe razvitie sel'skih territorij: vazhnejšie ponjatija i teoreticheskie osnovy]. – М. – 57 s.
- O. I. Panteleeva [i dr.]; pod. red. O.I. Panteleevoj. (2012). [Vovlechenie naselenija v razvitie sel'skih territorij] – М. – 116 s.
- Merenkova I. N. (2011). [Ustojchivoe razvitie sel'skih territorij: teorija, metodologija, praktika: monografija]. – Voronezh : GNU NIIEOAPK CChR Rossii,. – 264 s.
- Wiggins S. (2001). [How special are rural areas? The economic implications of Location for Rural Development] / S. Wiggins, S. Proctor // Development Policy Review. – V. 19. – №4. – Pp. 427-436.
- Rural Development in the EU. Statistical and Economic Information. Report / URL: [https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/statistics/ruraldevelopment/2013/full-text\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/statistics/ruraldevelopment/2013/full-text_en.pdf)
- Tarasov A. N., Antonova N. I. i dr. (2016). [Tipologizacija sel'skih territorij na osnove diversifikacii jekonomiki: monografija] – Rostov n/D : FGBNU VNIIEiN, Izd-vo «AzovPechat'», 2016 – 140 s.
- [Regional'nyj opyt razrabotki programm ustojchivogo razvitija sel'skih territorij]. – М. : FGBNU «Rosinformagroteh», 2012. – 112 s.



**N.S. Imamverdiyev**

ANAS, Institute of Geography, Azerbaijan, Baku

e-mail: imamverdiyev.nicat@gmail.com

## OPTIMAL SITE SELECTION FOR THE INSTALLATION OF SOLAR PV PLANTS: A CASE STUDY IN NAKHCHIVAN AR, AZERBAIJAN

Since the electrical power produced by converting total solar radiation on horizontal surface, composed of direct and diffuse components of PV cells, has low output power, it is necessary to identify areas with high power factor for more efficient power generation. However, due to the low efficiency of PV panels (14-18%) and the low intensity of total solar radiation on horizontal surface, large installation space is required to achieve a certain power level. Due to the high cost of installing solar power plants, a comprehensive systematic assessment of the geographic factors of the region is required to select the most suitable location. The reason we chose Nakhchivan as the study area is that the radiation level is high compared to other regions of Azerbaijan (1220-1699 kWh/m<sup>2</sup>-year), and the number of hours of sunshine per year exceeds 2500. Since the creation of solar power plants in regions with high values of total radiation on a horizontal surface depends on technical, economic and environmental criteria, descriptive criteria are used to determine the optimal areas. This model was used to determine a suitable installation location for solar power plants.

As a result, the study, it was concluded that 9.5% (510 km<sup>2</sup>) of the land of Nakhchivan have high suitability, 12% (645 km<sup>2</sup>) – average suitability and 24% (1290 km<sup>2</sup>) – low suitability for placing solar power plants. The remaining 54.5% (2930 km<sup>2</sup>) of the region belongs to the territories that are not suitable for use due to low radiation, high slope, the presence of protected areas, settlements, agricultural areas and poorly developed infrastructure. Optimal locations cover mainly the southern and eastern parts of the region, as shown in the polygon shape on the suitability map.

**Key words:** renewable energy sources, solar energy, geographic information systems, analytical hierarchy process, site selection.

Н.С. Имамвердиев

Әзірбайжан Ұлттық Ғылым Академиясының География институты, Әзірбайжан, Баку қ.

e-mail: imamverdiyev.nicat@gmail.com

### Әзірбайжан Нахичеван АР мысалында күн фотоэлектр станцияларын орнату үшін оңтайлы аумақтарды таңдау

Фотоэлектрлік панель элементтерінің тікелей және шашыраңқы компоненттерінен тұратын көлденең бетіндегі күн радиациясын түрлендіру арқылы өндірілетін электр энергиясы төмен шығу қуатына ие болғандықтан, электр энергиясын тиімдірек өндіру үшін жоғары қуат коэффициенті бар аудандарды анықтау қажет. Алайда, ФЭ-панельдерінің тиімділігі төмен (14-18%) және көлденең бетіндегі күн радиациясының қарқындылығы төмен болғандықтан, белгілі бір қуат деңгейіне жету үшін орнату үшін үлкен орын қажет. Күн электр станцияларын орнатудың қымбаттығына байланысты ең қолайлы орынды таңдау үшін аймақтың географиялық факторларын жан-жақты жүйелі бағалау қажет. Біздің Нахичеванды зерттеу аймағы ретінде таңдағанымыздың себебі, радиация деңгейі Әзірбайжанның басқа аймақтарымен салыстырғанда жоғары (1220-1699 кВт/м<sup>2</sup>-жыл) және жыл сайын күн сәулесінің сағат саны 2500-ден асады. Көлденең бетінде жалпы радиацияның жоғары мәндері бар аймақтарда күн электр станцияларын құру техникалық, экономикалық және экологиялық өлшемдерге байланысты болғандықтан, оңтайлы аудандарды анықтау үшін сипаттамалық критерийлер қолданылады. Бұл модель күн электр станцияларын орнатудың қолайлы орнын анықтау үшін пайдаланылды. Зерттеу нәтижесінде Нахичеван жерінің 9,5% (510 км<sup>2</sup>) жоғары жарамдылыққа, 12% (645 км<sup>2</sup>) орташа жарамдылыққа және 24% (1290 км<sup>2</sup>) күн электр станцияларын орналастыруға төмен жарамдылыққа ие деген қорытынды жасалды. Қалған облыстар 54,5% (2930 км<sup>2</sup>) радиацияның төмен болуы, еңістің жоғары болуы, қорғалатын аумақтың, елді мекендердің, ауыл шаруашылығы аумақтарының болуы және инфрақұрылымның нашар дамуы салдарынан

пайдалануға жарамсыз аумақтарға жатады. Оңтайлы орындар негізінен аймақтың оңтүстік және шығыс бөліктерін қамтиды және жарамдылық картасында көпбұрыш түрінде көрсетілген.

**Түйін сөздер:** жанартылатын энергия көздері, күн энергиясы, географиялық ақпараттық жүйелер, аналитикалық процестің иерархия моделі, орын таңдау.

Н.С. Имамвердиев

Институт Географии Национальной Академии Наук Азербайджана, Азербайджан, г. Баку,  
e-mail: imamverdiyev.nicat@gmail.com

### **Выбор оптимальных территорий для установки солнечных фотоэлектрических станций: на примере Нахичеванской АР, Азербайджан**

Поскольку электрическая энергия, производимая путем преобразования суммарной солнечной радиации на горизонтальной поверхности, состоящей из прямых и рассеянных компонентов элементов фотоэлектрических панелей, имеет низкую выходную мощность, необходимо определить области с высоким коэффициентом мощности для более эффективного производства электроэнергии. Однако, из-за низкого КПД ФЭ-панелей (14-18%) и низкой интенсивности суммарной солнечной радиации на горизонтальной поверхности для достижения определенного уровня мощности требуется большое пространство для установки. Из-за высокой стоимости установки солнечных электростанций для выбора наиболее подходящего места требуется комплексная систематическая оценка географических факторов региона. Причина, по которой мы выбрали Нахичевань в качестве района исследования, заключается в том, что уровень радиации высок по сравнению с другими регионами Азербайджана (1220-1699 кВтч/м<sup>2</sup>-год), и число часов солнечного сияния в год превышает 2500. Поскольку создание солнечных электростанций в регионах с высокими значениями суммарной радиации на горизонтальной поверхности зависит от технических, экономических и экологических критериев, для определения оптимальных площадей используются описательные критерии. Данная модель была использована для определения подходящего места установки солнечных электростанций.

В результате исследования был сделан вывод, что 9,5% (510 км<sup>2</sup>) земли Нахичевани имеют высокую пригодность, 12% (645 км<sup>2</sup>) – среднюю пригодность и 24% (1290 км<sup>2</sup>) – низкую пригодность для размещения солнечных электростанций. Остальные области – 54,5% (2930 км<sup>2</sup>) относятся к территориям, которые не подходят для использования из-за низкой радиации, высокого уклона, наличия охраняемой территории, населенных пунктов, сельскохозяйственных территорий и слабо развитой инфраструктуры. Оптимальные места охватывают в основном южную и восточную части региона, и на карте пригодности показаны в форме многоугольника.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, солнечная энергия, геоинформационная система, модель аналитической иерархии процесса, выбор места.

## **Introduction**

The choice of a geographically suitable site for efficient energy production in photovoltaic solar power plants depends on many factors. To obtain a concrete result, more realistic figures can be obtained by examining the spatial and meteorological data of the region in geographic information systems (GIS) (Khan & Rathi, 2014). The number of sunny days in the Nakhchivan AR is about 250, and the average radiation level is 1460 kWh/m<sup>2</sup> per year, which makes this area suitable for investments in solar panels installations (Mammadov, 2013). Therefore, from the point of view of the energy security of the region, it is necessary to identify suitable sites for the use of solar energy with low cost and maximum benefit. In the study, a multi-criteria decision-making technique was used to determine the suitability of

locations. This approach is the best identification method for analyzing complex and multi-format data obtained to achieve a specific goal (Wang et al., 2018). The use of spatial GIS and multi-criteria method in the form of integration can help in an in-depth analysis of natural events, rational and systematic identification and interpretation of different levels of risk (Linkov & Moberg, 2011).

The MCDM-based analytical hierarchy process (AHP) model is used to superpose the data obtained from the analysis performed in the outcome study and to identify the corresponding regions. The ultimate goal of the AHP method is to find an alternative way to achieve the overall result by analysing the collected data in terms of multiple criteria and conflicting goals (Uyan, 2013). The primary goal here is to determine the zone with medium and the high energy potential following the principles of site selection for solar power plants.

Concerning economical and efficient power generation, the planning stage of the power plant site considers the annual sunshine in the region, radiation levels, land use, agricultural efficiency, distance to roads, power lines and other constraints. At the same time, physicals object that pollutes the surface of photovoltaic panels and creates shadow effects are among the criteria that directly affect energy production (Vulkan et al., 2018).

There are many examples of the use of multi-criteria GIS-based methods to determine the most optimal locations. Because each country has its unique natural environment (Beccali et al., 2003). For example, in a study to determine a suitable territory for a solar power plant in Iran, 11 criteria were taken into account (Noorollahi et al., 2016). Since the superiority of these criteria relative to each other is uncertain, a model of the analytical hierarchy of the process was used for weighing and a map of the suitability of territories for solar power plants in a GIS environment was created. A study of Saudi Arabia, which used methods of an analytical hierarchical process, concluded that the most suitable territories for solar power plants are the northern and north-western regions of the country (Al Garni & Awasthi, 2017). This method has played a decisive role in determining the optimal area by the principles of placing photovoltaic installations at a certain distance from the boundary zone, such as agricultural areas, protected natural areas, residential areas. Studies to identify a suitable area in Khuzestan province (Iran) concluded that even in the worst-case scenario, the potential for solar energy production is approximately 1.75 times the total electricity generated in Iran in 2016. Here, with the widespread use of solar power plants, installation and infrastructure costs will be amortized and the total cost of generating solar energy will decrease compared to fossil fuels (Asakereh et al., 2017). In another study, four main criteria (radiation, topography, feasibility and environmental criteria) and eight sub-criteria were identified for planned solar power plants in Eastern Morocco, and a suitability map of potential regions was created. As a result of the study, it was determined that 19% of the eastern part of Morocco is quite suitable for the installation of solar power plants (Merrouni et al., 2018).

In addition, there are several examples of assessing various alternative energy sources using a combination of different methods based on making multi-criteria decisions for assessing large areas. The ELECTRE model was applied, which includes

a multi-criteria decision-making method used to evaluate an action plan for research on renewable energy technologies applied at a regional scale. For example, on the island of Sardinia (Italy), three decision-making scenarios were proposed, each of which represents an agreed sequence of actions, based on the development of strategies to uncover the advantages and disadvantages of using renewable energy sources (Beccali et al., 2003; Devi & Yadav, 2013). However, the potential of geothermal energy sources on the island of Chios (Greece) was assessed by intercomparing the PROMETHEE II and ELECTRE III methods (Polatidis et al., 2015). According to various sustainability criteria, the method MODERGIS has been proposed for planning and modelling renewable energy in Colombia (Quijano et al., 2010). With this method, the study area was first classified according to the solar energy potential, then the environmental parameters were analysed and suitable areas for large photovoltaic installations were determined.

### Materials and methods

The Digital Elevation Model (DEM) data of the study area was obtained from the open-source ALOS-PALSAR satellite to calculate and map elevation, slope and radiation values in a GIS environment. In addition, climatic data from 1990 to 2018, data from the Global Solar Atlas (GSA), Solargis and the corresponding meteorological maps were used to determine the values of radiation in Nakhchivan.

In the literature, there are several studies of the AHP model included in the MCDM methodology, which is based on its integration with GIS systems when choosing a site for the construction of solar power plants. In these studies, there are various criteria that determine the choice of a suitable site. This is because when the same criteria are applied, the accuracy of the figures obtained does not reflect the truth, as work areas have their unique characteristics in terms of conditions such as topography, radiation, land use and infrastructure. Thus, in accordance with the principles of solar energy installation, the main criteria related to the relief, climatic and ecological characteristics of the territory are determined. The data collected for this purpose were grouped into 3 classes, from high to low availability. These data 1. spatial: height, slope, hill shade and aspect 2. climate: total solar radiation on the horizontal surface, air temperature, 3.

environment: land use, protected areas 4. infrastructure: roads and power lines. All data generated to create a suitable GIS location was weighted in total as 100% in the impact table using the successive function to raster, Euclidean distance, reclassification, weighted overlay tools in the model builder. In addition, the study also implies the methods of mathematical-statistical, cartographic and geographic modelling.

Three different types of data were studied, the criterion of which is a certain location, suitable for the installation of solar power plants in regions with high solar potential.

- features of the relief of the region and land use;
- meteorological characteristics, including the value of the total solar radiation on a horizontal surface;
- energy capacities and infrastructure of the district (power grids, substations, roads, etc.);
- However, there are the following basic factors to consider when planning a solar power plant installation in any area;
  - current demand for electricity in the region and the dynamics of growth of this demand in the coming years;
  - the potential of solar energy resources in the region and its share in the total energy demand, as well as the possibility of using it in competition with traditional energy;
  - economic efficiency and environmental advantage of solar energy sources.

Although the total solar radiation on a horizontal surface, which is the primary requirement for choosing the optimal area for the construction of a solar station, is high, areas that correspond to the restrictive criteria are considered unsuitable. Such sites represent natural land-forms that are unsuitable for solar power plant construction unfavorable slopes (mountain ranges and hills), significant shading or confined spaces (canyons, hole). This group includes national borders with specific-purpose zones, coastal zones and territories along the perimeter of at least 1 km for which a special alliterate of use and protection has been established. At the same time, nature reserves (national parks, nature reserves, nature and landscapes) and cultural heritage sites (archaeological sites, historical settlements, etc.) are also among the restrictive criteria. It is usually noted that the optimal value of a set of factors does not contradict the optimal choice of other criteria. In the case of a “contradiction” between one parameter and another, the principle of

“compliance with the criteria with the least damage” is to consider account (Gardashov et al., 2020). For example, in an area with high solar potential (i.e. with little or no mountain shade, less cloudiness, pollution and fog), a suitable site is identified to consider account additional infrastructure costs and possible production efficiency. The final decision on choosing the most suitable place is determined by the results of calculations made according to the specified method, taking into account the indicators of all parameters. Determination of the area for installing solar power plants mainly depends on the following. the total horizontal potential of solar energy in the region should be high;

- the generating capacity of solar power plants must be highly efficient (efficiency of PV panels) and economical;
- optimal azimuth and tilt of solar panels should be positions corresponding to the minimum shading effect;
- the most suitable place should be in the shortest distance to power lines, highways and places of electricity consumption.

In addition, as a result of an assessment of the economic feasibility of current solar power plants with a capacity of 27 MW in the region, it was determined that the difference in prices for solar energy production is about 2.5 times greater than for fossil fuels. The plant has an annual production capacity of 40.5 million kilowatt-hours, and the installed capacity utilization factor ( $CF = \text{annual generated energy (kWh)} / (\text{plant capacity (W)} \times \text{annual period (h)})$ ) is 17%. The facility was established with guaranteed incentives such as green tariffs (long-term contracts, guaranteed purchases, etc.) and has an incentive feature for the deployment of other facilities in Nakhchivan AR.

Choosing suitable a site to install a photovoltaic station is divided into 4 main criteria.

- 1) economic criterion: the solar energy tariff price, stimulating factors, the cost of land acquisition and power plant installation costs;
- 2) meteorology and technical criterion: sunshine, solar radiation, the efficiency of energy production by PV panels and optimal orientation, azimuth and tilt of the panels to the Sun;
- 3) geographical criterion: direction of the south slope, infertile soil, climatic conditions, restricted areas (nature reserve, mountains, wetland, etc.);
- 4) social criterion: the electricity demand of residential areas, additional workplaces and access to clean and free energy resources. The fourteen sub-

criteria listed above regarding the use of solar energy, which comprises the economic, technical, meteorological, geographical and social conditions of the region, are discussed separately. Based on the MCDM method, these criteria were evaluated using

spatial data and the AHP block diagram, a set of formulas and solutions was created. In addition, the AHP model was applied to explain the problems listed in the research methodology presented in figure 1 and anal analyze the relevant criteria.

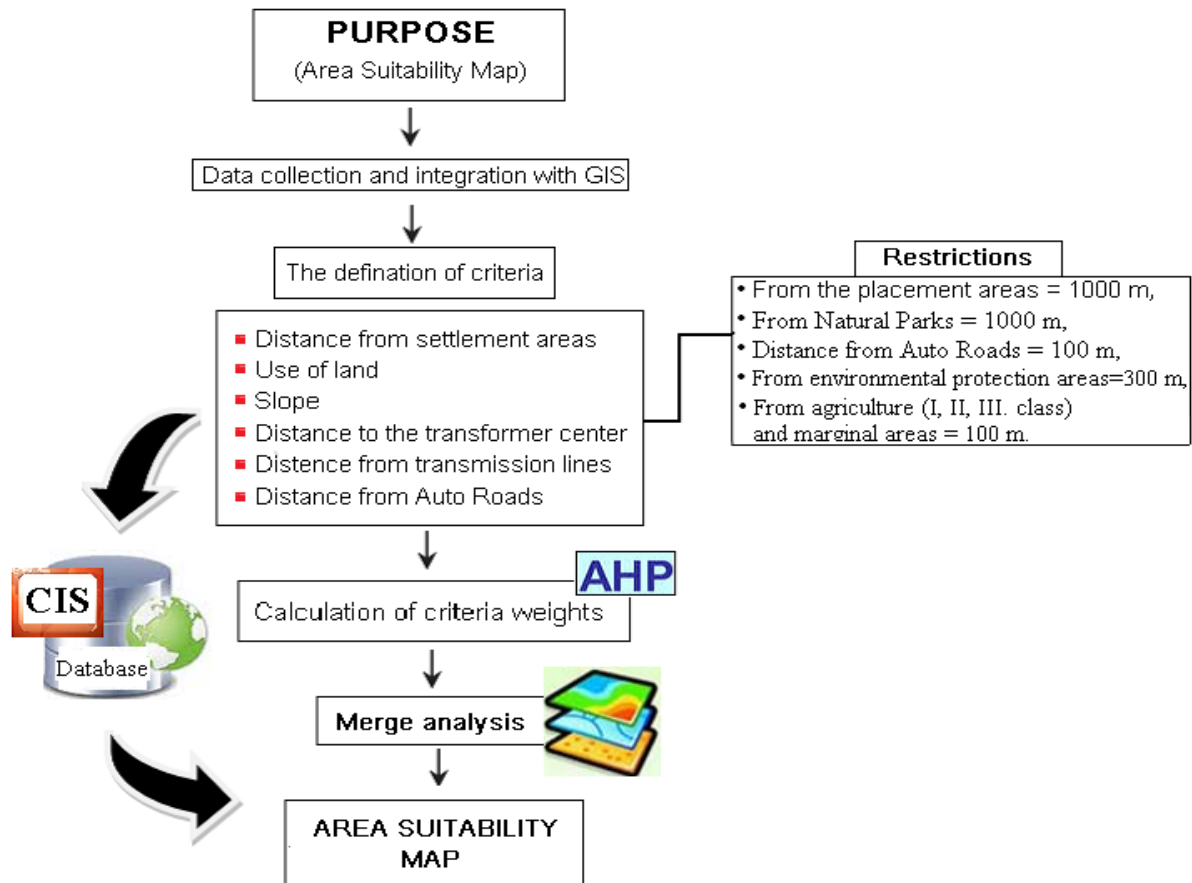


Figure 1 – General research methodology (Uyan, 2013)

In the course of the study, a pair of comparison matrices were created based on multiple comparisons between measurements, and then the weights of these criteria were made the primary criteria for determining the optimal areas. However, the consistency ratio (CR) is used to assess conflicting decisions in a pairwise comparison process. The following steps are required to fulfil the AHP for  $n$  criteria (Saaty, 1980).

The AHP method used in the study is one of the most comprehensive MCDM techniques to identify correct alternatives by presenting a decision coefficient for the solution of various goals. It allows the generation of a combination of qualitative and quantitative inputs that provide an optimal approach

to deal with complex MCDM options in diversifying energy sources and determining the appropriate location. If the decision-maker (DM) sees an inconsistency in the results, it is possible with the AHP method was to produce a solution to explain this discrepancy. Besides, the MCDM method studies are among the most applied techniques for combining the AHP model with many selection support approaches. The AHP model has established as an accessible MCDM technique to simplify solution-result oriented investigations of such as compound decision issues (Effat, 2013; Watson, 2015). The first stage of the AHP hierarchy sets the primary aim, whereas, the middle and lower levels show selection principles and alternatives, separately. The decision-makers

evaluate each standard criterion in pairwise correlations against their database. As a result, it divides the criteria into smaller sub-levels through the method and is weighted corresponding to choice-establish principles.

In the study, 4 criteria for determining the most suitable sites: solar irradiation (fig. 3), slope (fig. 5), land use, distance to roads, power lines, and settlement (fig. 6) are evaluated, and a decision matrix is formed by pairwise comparison of these criteria. The weight values of each criterion are defined through these complex equation calculations with the AHP method. A consistency

ratio is then involved to eliminate contradictory decisions throughout the pairwise comparison studies. To realize the AHP method, the values of the  $n$  number of criteria are determined, and a set of formulas are applied in the following order (Saaty, 1980). To determine the consistency ratio in 6 steps with the AHP method: 1, problem definition, 2, comparison matrix creation, 3, normalization, 4, getting the priority vector, 5, consistency tests, 6, selection or ranking process is performed (fig. 2). The order of priority in the selection of suitable areas is 1. solar irradiation, 2. land use, 3. distance to roads and power lines, 4. slope.

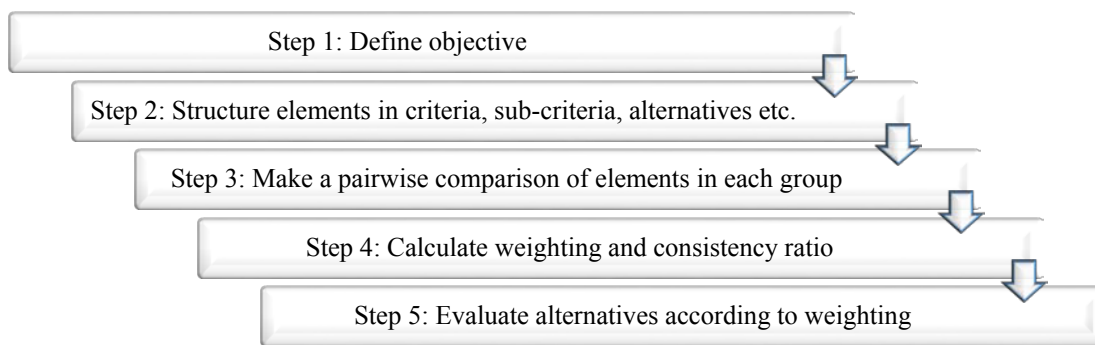


Figure 2 – Flowchart of Analytical Hierarchy Process

First, the criteria are compared among themselves. The equation developed by (Saaty 1980) is used for comparisons. The preference score for criterion  $j$  of the  $i$  criterion is determined using

the  $A_{ij}$  nine-integer value scales presented to create a pairwise comparison matrix with various criteria  $m = (n \times n)$ .  $A_{ij}$  denominates the entry in the  $i$  row and the  $j$  column of matrix  $m$  in table 1.

Table 1 – Comparison values performed in AHP and their interpretations

Numerical values ( $A_{ij}$ )	Numbers ( $A_{ji}$ )	Importance level	Definition
1	1	Equally important	Criterion $i$ and $j$ are of equal importance
3	1/3	Slightly important	Criterion $i$ is slightly more important than $j$
5	1/5	Important	Criterion $i$ is moderately more important than $j$
7	1/7	Very important	Criterion $i$ is strongly more important than $j$
9	1/9	Highly important	Criterion $i$ is extremely more important than $j$
2,4,6,8	1/2,1/4, 1/6		Intermediate values

The entries of preference score  $A_{ij}$  and  $A_{ji}$  must supply the following constraint in equation (1): The com-

parison matrix is a  $n \times n$  square matrix. The matrix components on the diagonal of this matrix take the value 1.

$$(Pairwise\ comparison\ matrix)\ A_{n \times n} = a_{ij} = \begin{bmatrix} 1 & A_1 & A_2 & A_3 & \dots & A_n \\ A_1 & 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ A_2 & a_{21} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ A_3 & a_{31} & a_{31} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_n & a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Where,  $a_{ij} = \frac{1}{A_{ji}}$  ( $i, j = 1, 2, 3 \dots, n$ ), total  $\frac{n(n-1)}{2}$  comparisons are made. Here, for  $n = 4$ ,  $\frac{4(4-1)}{2} = 6$ .

Then, the sum of each column requirement equals 1 to create a normalized pairwise comparison

matrix  $\bar{m}$ . This can be obtained using equation (2) to calculate  $\bar{A}_{ij}$  for each entry of matrix,  $\bar{m}$  in table 2.

$$(Normalization\ matrix\ equation), \bar{A}_{ij} = \frac{A_{ij}}{\sum_{i=1}^n A_{ij}} \quad (2)$$

**Table 2** – Comparison matrix of the accepted decision criteria

	Criteria	Solar irradiation (A)	Land use (B)	Distance to roads and power lines (C)	Slope (D)
A =	Solar irradiation (A)	1	7	5	1/4
	Land use (B)	1/7	1	1/2	1/7
	Distance to roads and power line (C)	1/5	2	1	1/9
	Slope (D)	4	7	9	1
	Total	5.34	17	15.5	1.50

In the third step, the average values between rows are obtained to determine the relevant weights using a set of formulas (3). The relative weight for each criterion is in the range 0-1. Moreover, because

of examining the criterion weight values, it appears that the direct normal irradiation factor has a greater effect on the solar PV plant area. The priority vector is obtained as follows (table 3).

$$(Priority\ vector\ equation)\ W_i = \sum_{i=1}^n \frac{A_{ij}}{\bar{n}} \quad (3)$$

**Table 3** – Normalization matrix ( $A_{ij} = \frac{row}{sum\ of\ rows}$ )

Criteria	A	B	C	D	Normalized priority vector ( $W_j$ )	Final weights, %
A	0.187	0.412	0.323	0/166	$\sum \frac{A_{ij}}{4} = 0.272$	28%
B	0.027	0.059	0.032	0.095	$\sum \frac{A_{ij}}{4} = 0.053$	5%
C	0.037	0.118	0.065	0.074	$\sum \frac{A_{ij}}{4} = 0.073$	8%
D	0.749	0.412	0.581	0.665	$\sum \frac{A_{ij}}{4} = 0.584$	59%

In the fourth step, to obtain the solar PV suitability map (SM) is applied for each criterion of the layers formed within the scope of the study area in equation 4. If the constraint ( $r$ ) comes out,  $r = 0$  and this reflected on the suitability map value of an inadequate location. Otherwise, the suitability map

can be obtained by finding the sum of each criterion value ( $x_i$ ) multiplied by the criterion weight ( $w_i$ ) (table 4).

$$SM = \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i \cdot r, \text{ here, } r = \in \{0,1\} \quad (4)$$

**Table 4** – Weight and priority vector according to criteria

	<i>Weight</i>	<i>Priority</i>	<i>Criteria</i>
$W =$	0,272	2	A
	0,053	4	B
	0,073	3	C
	0,601	1	D

In the fifth step, the following formula is used to calculate the CR of the obtained values (equation 5). The consistency ratio is obtained by dividing the consistency index (CI) into the random index (RI). Here RI is the random consistency index that changes according to the

number of criteria. Since the number of criteria in the study is 4, the random index equal to this value corresponds to 0.90. To determine the consistency index value of the basic criteria, the maximum eigenvalue of the comparison matrix, lambda max ( $\lambda_{max}$ ) is found (table 5).

$$CR = \frac{CI}{RI}, \text{ here } CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \text{ and } Aw = \lambda_{max} w; \quad (5)$$

$$CI = \frac{4.234 - 4}{4 - 1} = 0.078, CR = \frac{0.078}{0.90} = 0.086\%.$$

**Table 5** – Determining the mean value of lambda max

$A \times w$	$\frac{Aw}{w}$	<i>Mean <math>\lambda_{max}</math></i>
1.162	$\frac{1.162}{0.272} = 4.271$	4.234
0.215	$\frac{0.215}{0.053} = 4.035$	
0.301	$\frac{0.301}{0.073} = 4.102$	
2.722	$\frac{2.722}{0.601} = 4.525$	

The weights of the criteria presented in the site suitability studies, a binary comparison matrix was created as shown in Table 3, an eigenvector was calculated showing the priority weight of each criterion, and the sum of all weights was equal to one. CR was calculated to check the weighted values of each criterion (CR = 0.086). Since it is less than 0.10, value decisions are considered acceptable. At the same time, it is possible to evaluate the

alternatives that arise when the criteria values added with sensitivity analysis using the main network tool in the “Super Decisions 3.2” application varies between 0.1-1 depending on the purpose. Four regions with high values of solar radiation for the installation of solar power plants throughout Nakhchivan using the AHP method: Sharur, Babek, Julfa and Ordubad, were evaluated as alternatives to each other. In selecting suitable sites for solar power



plants, the main criteria, ranging from high to low importance level, are weighted according to the total horizontal irradiation, land use, slope and distance to roads and power lines. Subsequently, Babek district with the calculation of the matrix of pairwise comparison of data sub-criteria, such as radiation on a horizontal surface (1400-1699 kWh/m<sup>2</sup>), land use (fertile soils, barren lands), slope (1-4°) and distance (from 1000 to 5000 meters) was identified as the most suitable location.

The selection of the location of PV panels when using the weighted overlap tool in GIS, the considered criteria (derived from the AHP model) in combination with their respective weights were considered in 3 steps;

- since the input layers have different values and ranges, each criterion must be scaled up so that it can be integrated into one layer. The values in the input maps were then classified into a general preference scale ranging from 1 to 10 (10 being the most appropriate);

- each criterion level is multiplied by the weight or significance of the criterion concerning the AHP;

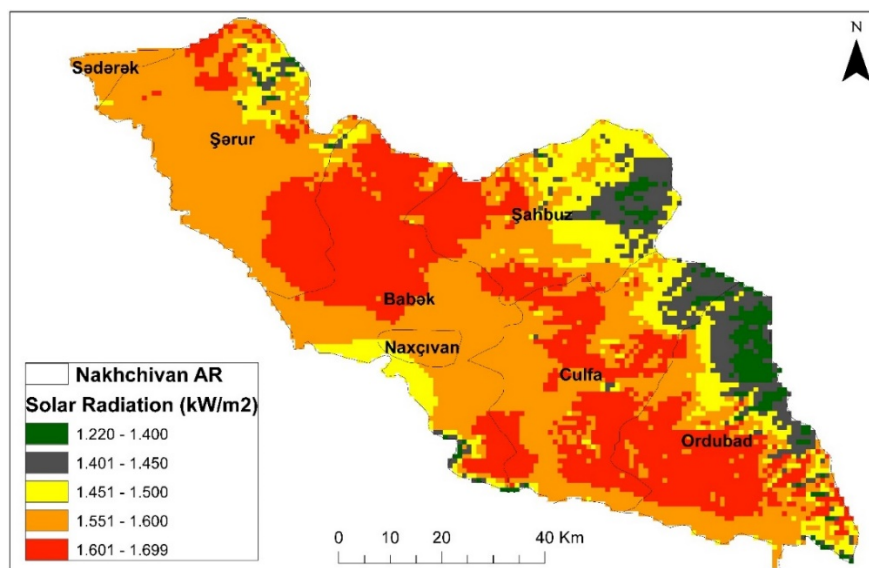
- the resulting cell values are added to each other to form the final composite layer, and suitable areas were identified.

For this, a database was created in the application "ArcGIS 10.8", which has a wide range of spatial analysis tools, and the data on the total solar radiation on the horizontal surface in the region

were analyzed and systematized. Then, using the proposed MCDM methodology in areas with solar potential, the best areas are determined by choosing a buffer distance between highways, power lines, agricultural land, settlements and other criteria. Finally, the most important research findings were discussed and a suitability map for photovoltaic systems was presented. In addition, this application also works in harmony with solar design and simulation programs (Homer Pro, pvPlanner, PVsyst, Solargis and others).

## Results and discussion

The Nakhchivan AR is located in the south-west of Azerbaijan, at 38° 82'-39° 78' north latitude and 44° 77'-46° 13' east longitude. 65% of the territory is located at an altitude of over 750 m above sea level. The area is located in a semi-arid climatic zone. The Nakhchivan AR is surrounded by the Daralagez ridge of the Lesser Caucasus in the north, and the Zangezur ridge in the east. The area of the autonomous republic is 5387.19 km<sup>2</sup>. The total solar radiation on the horizontal surface in the region ranges from 1220 to 1699 kWh/m<sup>2</sup> per year (GSA, 2020) (fig. 3). This is the highest figure in the South Caucasus with an average annual value of 1460 kWh/m<sup>2</sup>. In addition, according to its geographic location, blockade situation and power supply security, Nakhchivan can be considered the most reasonable and most promising geographic region in Azerbaijan for solar energy investment.



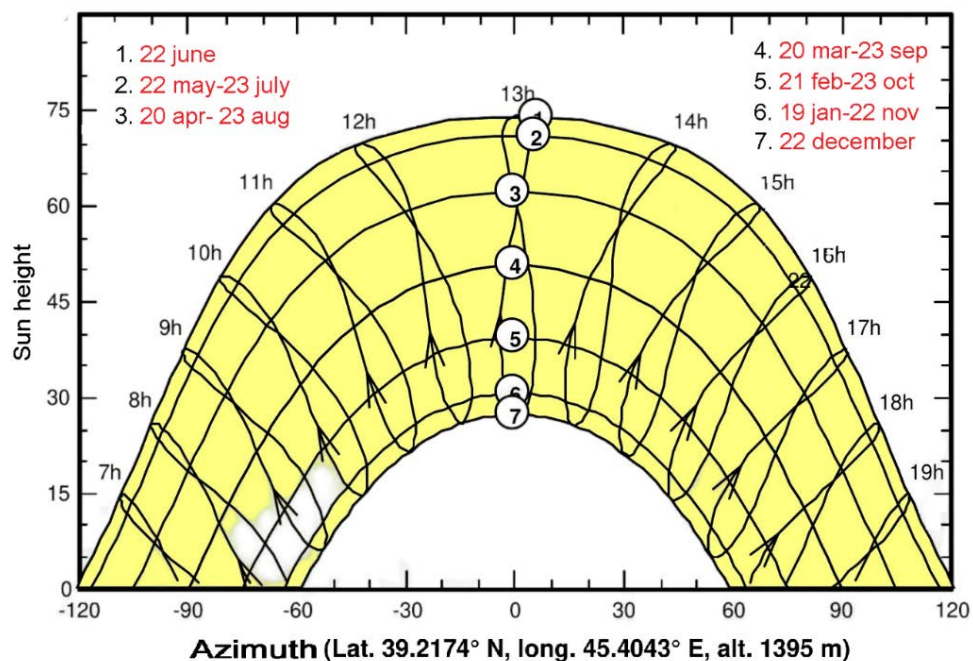
**Figure 3** – Long-term average (1999-2018) of annual total GHI of Nakhchivan AR (GSA; Solargis, 2020)

The values of the total solar radiation on the horizontal surface in Nakhchivan were calculated by converting the DEM data using a solar radiation tool based on GIS and comparing the data from the GSA. Depending on topographic features, direct solar radiation values play an important role in determining the inclination and azimuth of photovoltaic panels. Since the northern parts of the autonomous republic have a medium-altitude mountainous relief, lower radiation values are observed in comparison with the southern regions. This, the angle and direction of the sun's rays play an important role in determining the installation angle of photovoltaic panels. For example, in the region, 39°21' north latitude, 45°40' south longitude,

the maximum angle of the azimuth of the daylight during the year is 74.5° (June 22), and the minimum is 27.5° (December 22). The total annual sunshine duration is 2366 hours, daily sunshine duration is a maximum of 13 hours and a minimum of 8.5 hours per day. It is more convenient to install photovoltaic panels along the southern azimuth angle (between 136.78°-226.37°) at an angle of 36°-38° degrees relative to the latitude at which Nakhichevan is located (Table 5) (fig. 4). In addition, at this geographic location, the annual total horizontal DNI of 199 kWh/m<sup>2</sup>, DHI of 67 kWh/m<sup>2</sup>, the clarity index of 0.597 and the monthly air temperature level are close to the ideal operating range for solar panels in most months (25 °C) (table 6).

**Table 6** – Average values of solar radiation, clearness index and air temperature in Nakhchivan (Solargis; GSA, 2020)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Direct solar radiation on a horizontal surface (kWh/m <sup>2</sup> )	92	132	180	226	271	307	306	283	235	163	107	83	199
Diffuse solar radiation on a horizontal surface (kWh/m <sup>2</sup> )	35	52	77	90	97	96	99	79	61	52	40	30	67
Clearness Index ( $K_t$ )	0.502	0.536	0.557	0.559	0.588	0.634	0.647	0.661	0.660	0.594	0.533	0.504	0.597
Temperature (C)	-4.6	-0.3	5.9	10.6	15.3	20.3	24.0	24.4	19.3	13.2	5.4	-0.6	11.1



**Figure 4** – The angle of incidence of the sun's rays and sunshine duration in Nakhchivan

The spatial data included in the study were obtained from advanced land observation system (ALOS), progressive array synthetic aperture radar (PALSAR) and Landsat 7 satellites (Alaska Satellite Facility, 2020). The digital elevation model data has a resolution of 12.5 x 12.5 meters and elevation, slope and aspect maps were created using these data. The slopes and terrain aspects of the surfaces of the Sharur, Ordubad, Julfa, Shahbuz and Babek districts were determined using ArcMap tools. Thus, it was determined that installing photovoltaic panels on construction sites with a slope of up to 4° or 7% is more suitable in terms of energy production and principles of economic efficiency.

The annual sunshine duration, which is one of the most important parameters for the efficient operation of photovoltaic power plants in the region, is at least 2470 hours and the annual average horizontal radiation level per square meter is 1460 kWh (4.35 kWh/m<sup>2</sup> per day) (Table 7) (fig. 3). In the distribution map of annual sunshine duration in Nakhchivan, the average duration is calculated as 10.5 hours per day (Global Monitoring Laboratory, 2020). In order for solar power plants to work efficiently, areas with at least 6.5 hours of sunshine and the least cloud cover that affect the energy flow by 10-25% should be preferred (Sunpower, 2020).

**Table 7** – Duration of sunshine and areas with a slope of up to 4° (7%) (Babayev, 1999)

	Districts	Area size (km <sup>2</sup> )	Duration of sunshine, hours/year
1	Nakhchivan	92.6	2366
2	Sharur	387.8	2597
3	Julfa	287.9	2370
4	Ordubad	198.7	2559
5	Shahbuz	218.6	2592
6	Sadarak	58.4	2660
7	Babek	135.7	2475

Another important criterion for choosing an installation site is the deployment of a power plant at a minimum distance from the consumer. Thus, it is more appropriate to locate stations near sectors with a high demand for electricity, such as urban settlements, enterprises, industrial production and factories. Data such as power lines, transformers, highways, protected zones and farmland, collected from the appropriate thematic maps and the OpenStreetMap database, were evaluated to determine the optimal location for a power plant installation. In addition, land subsidence, landslides, floods and areas prone to other natural disasters should be considered in the site selection and should be within a certain range of buffer distances with optimal areas (Al Gami & Awasthi, 2017).

In the study, the measured values characterizing the sub-criteria and limitations within the major criteria for determining the most suitable areas are described in detail in table 8. Here, in terms of importance is considered following limiting factors:

- buffer distance of 500 meters to residential areas, prohibited and protected areas;
- 400 meters from lakes;
- sites with a slope of up to 7%;
- 300 meters buffer distance to rivers;

- buffer distance of 100 meters to agricultural land;
- 300 meters from highways.

At the same time, in regions where the total solar radiation on the horizontal surface, which is the main determining criterion, is below 1350 kWh/m<sup>2</sup> per year, was included in unsuitable areas due to the low power generation capacity. For example, with a total radiation of 1350 and 1500 kWh/m<sup>2</sup>, the difference in energy production by solar panels on an area of 1000 m<sup>2</sup> will be approximately 17000 kWh/year (151783 and 168647 kWh/year, respectively). This is calculated based on the formula for calculating the solar yield of a photovoltaic system (eq.).

$$E = A \times r \times H \times PR$$

Here, E = generated electrical energy (kWh), A = total solar panel area (m<sup>2</sup>), r = solar panel efficiency (15%), H = radiation entering the inclined receiving surface of the panels (shading not included) and PR = coefficient loss (0.75). Depending on the location, technology and size of the system, this 25% loss includes: – inverter losses (6% to 15%), – temporary losses (5% to 15%), – DC cable losses (1 to 3%), – AC cable loss (1 to 3%), –

shading loss, (0% to 40%) (depending on the area), – loss due to low radiation (3% to 7%), – losses due to dust, snow (2%) (Solar Energy Output, 2020).

Areas were identified in the region that corresponding the criteria in table 4, and the classification of their buffer distance resulted in a thematic map at a scale of 1:50000 (fig. 6) This map is created using a weighted overlay of spatial and meteorological analysis of the region using the ArcGIS reclassification tool and AHP model. The raster imaging tools, raster-based distance tools, and Euclidean distance tools were used to determine the buffer distance of the bounding regions (table 9).

Installing solar power plants near residential areas provides an economic advantage in terms of lossless transmission of electricity. In addition, at least 1 km of territory around residential areas is selected as a buffer zone, taking into account future demographic changes in certain places. For residential areas, it has been marked on the map as buffer zone 1 (> 1000 m), buffer zone 2 (1001-2000 m), buffer zone 3 (2001-5000 m) and buffer zone 4 (<5000 m) (fig. 6). As a result, the area of all defined regions was calculated using the weighted overlay tool in the GIS environment using the analytical process hierarchy method.

**Table 8** – Site selection criteria for solar power plants (Doorga et al., 2019)

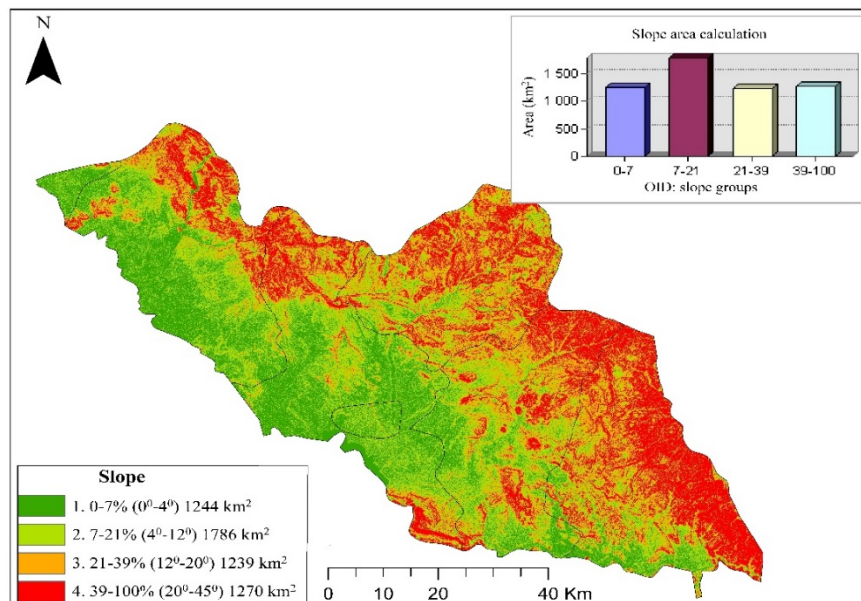
Criteria	Sub criteria	Specifications
Solar energy potential	Total solar radiation on a horizontal surface	1350 kWh/m <sup>2</sup> -year and above
Topography	Slope	Up to 4 <sup>0</sup> (7%)
Climate	Duration of cloudy days	Up to 45 days
Land use	Soils unsuitable for agriculture	Barren soils (sandy soils, grey soils, gray-brown soils, soils prone to wind and water erosion)
Power supply connection	Distance to power lines	Up to 5 km
Distance to energy consumption zones	Distance to substations	Up to 10 km
	Distance to settlements	Between 300-15000 meters
Transport	Distance to the road	From 300-500 meters
Distance to protected areas	National parks and wildlife sanctuary	
Distance to protected areas	Streams, lakes, rivers, etc.	

Another criterion in identifying potential territories for the development of solar power plants is the determination of the slope and aspect of the terrain of the region in accordance with the principles of installing power plants. To do this, the raster data of the DEM was converted into a polygon format, divided into 4 parts according to the degree of slope, and the surface area was calculated for each. The obtained area values mainly cover the flat areas and the southern slopes of the region. Thus, it was concluded that the regions of the Autonomous Republic with a slope of up to 7% (4°) in the category of the most suitable place occupy an area of 1244 km<sup>2</sup>. The installation

of solar power plants in the region on a total area of 1786 km<sup>2</sup> with a slope of 7-21% (4°-12°) is more costly from an economic point of view due to the steepness of the slopes [Solargis, 2020]. However, by following the technical procedures, it is possible to convert the PV panels to be placed inaccessible locations. The installation of solar power plants of the third (1239 km<sup>2</sup>) and fourth (1270 km<sup>2</sup>) categories with a slope of 21-39% (12°-20°) and 39-100% (20°-45°) in the map, includes areas that are difficult to use solar energy (fig. 5). These data were weighted for all regions by applying a binary matrix for comparing their criteria using the method of AHP (table 4).

**Table 9** – Determination of the suitability of the site according to the main criteria, sub-criteria and indicators for the installation of solar power plants

Major criteria	Sub-criteria	Indicators	Average values	Suitability status
Solar energy potential	Total solar radiation on a horizontal surface (kWh/m <sup>2</sup> -year)	1220-1350	1285	Low suitable
		1351-1500	1420	Medium suitable
		1501-1699	1600	High suitable
Topography (relief, slope, aspect)	The tilt angle of solar panels (south direction)	1. latitude of the region (38-40° north latitude)	Angle calculation, $38^{\circ} \times 0,87 + 3,1 = 36^{\circ}$	Suitable
		2. solar panels, annual fixed angle (36°, 37° and 38°)	$39^{\circ} \times 0,87 + 3,1 = 37^{\circ}$	
			$40^{\circ} \times 0,87 + 3,1 = 38^{\circ}$	
	The surface slope of the region	7-21% (4°-12°)	14% (8°)	High suitable
		21-39% (12°-20°)	30% (16°)	Medium suitable
39-100% (20°-45°)		60% (31°)	Unsuitable	
Climate	Altitude (range of favorable climatic conditions)	750-965 m	850 m	High suitable
		965-1200 m	1080 m	Medium suitable
		≥1200 m	≥1200 m	Unsuitable
	Number of cloudy days in the area	65-75 days	70 days	Unsuitable
		55-65 days	60 days	Medium suitable
		45-55 days	50 days	High suitable
Electrical connection	Distance to power lines	≤5 km	2,5 km	High suitable
		6-10 km	8 km	Medium suitable
		≥11 km	≥11 km	Unsuitable
	Distance to substation	≤6 km	4 km	High suitable
		7-12 km	8,5 km	Medium suitable
		≥13 km	≥13 km	Unsuitable
Transportation	Distance to motorways	≤2,5 km	1,25 km	High suitable
		2,6-5 km	3,45 km	Medium suitable
		≥5 km	3,60 km	Low suitable



**Figure 5** – Slope map of the Nakhchivan AR (Earth Data Search, 2020)



The distance to substations and power lines plays an important role in choosing the most suitable location for installing solar power plants in terms of preventing energy losses and additional costs. Based on this argument, the optimal distance from the planned sites to substations and power lines should not exceed 6 km, as this significantly increases the

initial investment costs (Noorollahi et al., 2016). Locations, where the distance to the substation and the power grid is less than 2000 m, are considered very suitable for installing solar power plants, however, areas between 2001-4000 m are moderately suitable, 4001-6000 m less suitable, 6001 m and over are unsuitable (fig. 6).

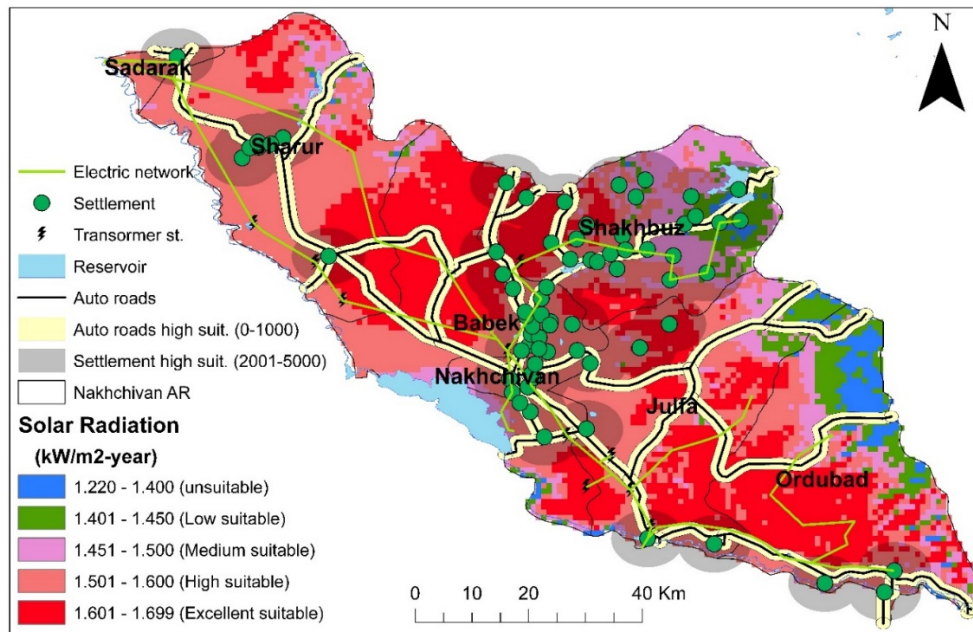


Figure 6 – Suitability map for choosing a solar power plant installation site

The total indicator values for all areas with these four different distance values were calculated using a weighted AHP model.

The presence of a motorway in the area intended for the installation of a solar power plant is considered an economic criterion in terms of preventing additional investments for the transport of solar energy units. Placing stations near roads reduces the additional costs of infrastructure work such as highway construction, and also prevents damage to the environment and landscape (Al Garni & Awasthi, 2017). As shown in map 5, the distance from 0 to 1000 m is indicated as 4 (high suitable), from 1001 to 3000 m – 3 (medium suitable), from 3001 to 5000 m – 2 (low suitable), from 7001 m and above was marked as 1 (unsuitable).

All data from 4 main criteria and 14 subcriteria weighted in the study were analyzed. In the AHP model, the eligible places, which were determined

by applying a pairwise comparison matrix, were ranked in 4 categories from high to low. The consistency factor of pairwise comparisons was calculated to test all weighted CR values and found to be at 0.086 (value judgment, 0.10). Then, using the model builder modelling feature in the ArcMap software, weighted criteria were added to areas of high total solar irradiance on the horizontal surface and the suitability of the site for solar PV was determined (fig. 7).

Based on the total amount of total solar radiation on a horizontal surface in Nakhchivan, the possibility of generating electricity from photovoltaic panels was calculated. For example, in the Babek region, the annual value of the total solar radiation on a horizontal surface is 1597 kWh/m<sup>2</sup> and the average annual maximum electricity production per 1 m<sup>2</sup> of a solar panel will be 180 kWh (efficiency, 15%).

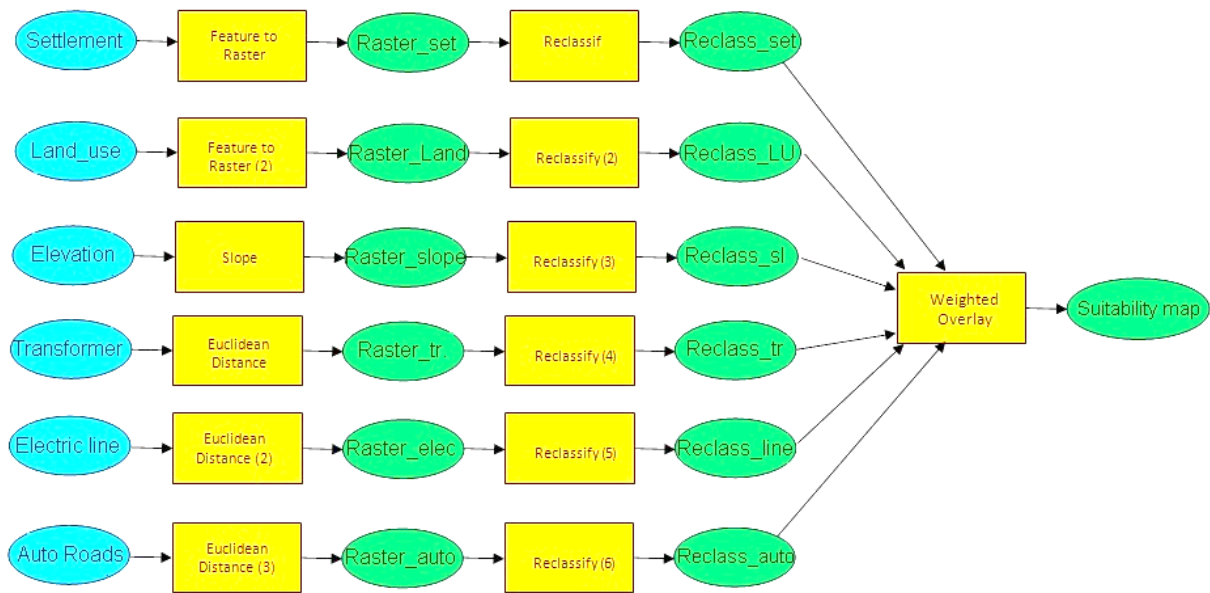


Figure 7 – Weighting the basic criteria for suitable sites selection with a model builder

## Conclusion

In Nakhchivan, suitable locations for the installation of power plants in areas with high total solar radiation on the horizontal surface as a result of the study using the AHP model are divided into three categories: high suitability, medium suitability and low suitability.

- As a result of a weighted overlay tool of certain criteria, using the ArcMap model builder modelling, it was found that 9.5% (510 km<sup>2</sup>) of Nakhchivan correspond to areas most suitable for placing solar power plants (fig. 7);

- It was concluded that the areas with medium and low suitability for the installation of solar power plants in the region are 12% (645 km<sup>2</sup>) and 24% (1290 km<sup>2</sup>), respectively;

- 54.5% of the study area (2930 km<sup>2</sup>) does not meet the site selection criteria (fig. 6), the primary reasons for which are low total radiation level, high cloudiness, protected areas, soil fertility, poor infrastructure and unsuitability terrain;

- Spatial, metrological, environmental and infrastructure-related indicators (solar radiation, slope,

land use, electricity grid, transport) used to determine the suitability of solar energy use in Nakhchivan are given in table 5. As a result of the analysis of these data, it was concluded that the southern part Julfa, Ordubad and Babek districts are the most optimal territories for installing power plants;

- Total area of 510 km<sup>2</sup> suitable for placing photovoltaic power plants, 109 km<sup>2</sup> are located in the Ordubad region, 98 km<sup>2</sup> in the Julfa region, 124 km<sup>2</sup> in the Babek region, 103 km<sup>2</sup> in the Sharur region and 76 km<sup>2</sup> in the Shahbuz region;

- As a result of the calculation, it is possible to install photovoltaic power plants with a total capacity of 2.55 GW on an area of 510 km<sup>2</sup> (approximately 21000 m<sup>2</sup> of land is required for a 1 MW solar power plant). These power plants can generate 38.1 billion kWh of electricity per year, which is about 1.5 times the total electricity production in the country. This will not only make the region predominantly important in terms of energy security but also allow the region to be environmentally friendly, prevent global warming and air pollution, not harm human health, support economic growth and increase competitiveness.

## References

- Al Gami, H. Z., & Awasthi, A. Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia. *Applied Energy*, 2017, volume 206, № 1225-1240, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.10.024>.
- Almorox, J., & Hontoria, C. Global solar radiation estimation using sunshine duration in Spain. *Energy Conversion and Management*, 2004, volume 45(9-10), № 1529-1535, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2003.08.022>.

- Andenaes, E., Jelle, B. P., Ramlo, K., Kolås, T., Selj, J., & Foss, S. E. The influence of snow and ice coverage on the energy generation from photovoltaic solar cells. *Solar Energy*, 2018, volume 159, № 318-328, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.10.078>.
- Asakereh, A., Soleymani, M., & Sheikhdavoodi, M.J. A GIS-based Fuzzy-AHP method for the evaluation of solar farms locations: A case study in Khuzestan province, Iran. *Solar Energy*, 2017, volume 155, № 342-353, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.05.075>.
- Aydin, N. Y., Kentel, E., & Duzgun, H. S. GIS-based site selection methodology for hybrid renewable energy systems: A case study from western Turkey. *Energy Conversion and Management*, 2013, volume 70, № 90-106, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.02.004>.
- Babayev, S. *Geography Nakhchivan Autonomous Republic*. Elm, Baku, 1999, p. 227.
- Beccali, M., Cellura, M., & Mistretta, M. Decision-making in energy planning. Application of the Electre method at regional level for the diffusion of renewable energy technology. *Renewable energy*, 2003, volume 28(13), № 2063-2087. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(03\)00102-2](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(03)00102-2).
- Colak, H. E., Memisoglu, T., & Gercek, Y. Optimal site selection for solar photovoltaic (PV) power plants using GIS and AHP: A case study of Malatya Province, Turkey. *Renewable Energy*, 2020, мшдгбу 149, № 565-576, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.12.078>.
- Devi, K., & Yadav, S. P. A multicriteria intuitionistic fuzzy group decision making for plant location selection with ELECTRE method. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2013, volume 66(9-12), № 1219-1229, DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4400-0>.
- Doorga, J. R., Rughooputh, S. D., & Boojhawon, R. Multi-criteria GIS-based modelling technique for identifying potential solar farm sites: A case study in Mauritius. *Renewable energy*, 2019, volume 133, № 1201-1219, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.08.105>.
- Gulaliyev, M. G., Mustafayev, E. R., & Mehdiyeva, G. Y. Assessment of Solar Energy Potential and Its Ecological-Economic Efficiency: Azerbaijan Case. *Sustainability*, 2020, volume 12(3), № 1116, DOI: <https://doi.org/10.3390/su12031116>.
- Gardashov, R., Eminov, M., Kara, G., Kara, E. G. E., Mammadov, T., & Huseynova, X. The optimum daily direction of solar panels in the highlands, derived by an analytical method. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2020, volume 120, № 109668, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109668>.
- Khan, G., & Rathi, S. Optimal site selection for solar PV power plant in an Indian state using geographical information system (GIS). *International Journal of Emerging Engineering Research and Technology*, 2014, volume 2(7), № 260-266.
- Linkov, I., & Moberg, E. *Multi-criteria decision analysis: environmental applications and case studies*: CRC Press, 2011, p. 179.
- Landsat, U. *Data users handbook*. *LSDS-1574 version*, 2015, № 8 (L8) 3, p. 235.
- Mammadov, F. Yearly average maps of solar radiation in Azerbaijan. *Energy Power*, 2013, volume 3, № 44-50, DOI: <https://doi.org/10.5923/j.ep.20130304.02>.
- Merrouni, A. A., Elalaoui, F. E., Mezrhah, A., Mezrhah, A., & Ghennioui, A. Large scale PV sites selection by combining GIS and Analytical Hierarchy Process. Case study: Eastern Morocco. *Renewable energy*, 2018, volume 119, № 863-873, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.10.044>.
- Mekhilef, S., Saidur, R., & Safari, A. A review on solar energy use in industries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011, volume 15(4), № 1777-1790, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.12.018>.
- Mani, M., & Pillai, R. Impact of dust on solar photovoltaic (PV) performance: Research status, challenges and recommendations. *Renewable and sustainable energy reviews*, 2010, volume 14(9), № 3124-3131, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.065>.
- Noorollahi, E., Fadaei, D., Akbarpour Shirazi, M., & Ghodsipour, S. H. Land suitability analysis for solar farms exploitation using GIS and fuzzy analytic hierarchy process (FAHP)—a case study of Iran. *Energies*, 2016, volume 9(8), № 643, DOI: <https://doi.org/10.3390/en9080643>.
- Polatidis, H., Haralambidou, K., & Haralambopoulos, D. Multi-criteria decision analysis for geothermal energy: A comparison between the ELECTRE III and the PROMETHEE II methods. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 2015, volume 10(3), № 241-249. DOI: <https://doi.org/10.1080/15567249.2011.565297>.
- Pohekar S.D., Ramachandran M. Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning—a review. *Renew Sustain Energy Rev*, 2004, volume 8, № 365–81, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2003.12.007>.
- Quijano, R., Domínguez, J., & Botero, S. Sustainable energy planning model (MODERGIS) application to integrate renewable energy in the Colombia case, 2010. p. 17.
- Sanchez-Lozano, J. M., Teruel-Solano, J., Soto-Elvira, P. L., & García-Cascales, M. S. Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: A case study in south-eastern Spain. *Renewable and sustainable energy reviews*, 2013, volume 24, № 544-556, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.03.019>.
- Shortridge, A. Shuttle Radar Topography Mission elevation data error and its relationship to land cover. *Cartography and Geographic Information Science*, 2006, volume 33(1), № 65-75. DOI: <https://doi.org/10.1559/152304006777323172>.
- Saaty, T.L. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resources Allocation*. McGraw: New York, 1980, p. 214.
- Turney, D., & Fthenakis, V. Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011, volume 15(6), № 3261-3270, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.04.023>.
- Uyan, M. GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapinar region, Konya/Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013, volume 28, № 11-17, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.07.042>.
- Vulkan, A., Kloog, I., Dorman, M., & Erell, E. Modeling the potential for PV installation in residential buildings in dense urban areas. *Energy and Buildings*, 2018, volume 169, № 97-109, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.03.052>.



Wang, C.-N., Nguyen, V. T., Thai, H. T. N., & Duong, D. H. Multi-criteria decision making (MCDM) approaches for solar power plant location selection in Viet Nam. *Energies*, 2018. volume 11(6), № 1504. DOI: <https://doi.org/10.3390/en11061504>.

Alaska Satellite Facility. Making remote-sensing data accessible, [Internet; cited 2020 October 16] Available from URL: <https://search.earthdata.nasa.gov/search?q=nakhchivan&m=35.399139134002!42.7060546875!6!1!0!0%2C2>.

Earth Data Search, ASTER Global Digital Elevation Model V003 [Internet; cited 2020 September 19] Available from: <https://search.earthdata.nasa.gov/search/?hdr=1%20to%2030%20meters&fi=ASTER&fst0=Land%20Surface>.

Global Solar Atlas 3.0, Azerbaijan, Nakhchivan Autonomy Republic, Solar energy resource [Internet; cited 2020 August 09] Available from: [https://globalsolaratlas.info/map?r=AZE:AZE.7\\_1&c=39.30579,45.4625,9](https://globalsolaratlas.info/map?r=AZE:AZE.7_1&c=39.30579,45.4625,9).

Global Monitoring Laboratory, Earth System Research Laboratories [Internet; cited 2020 October 05] Available from: URL: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/table.php?lat=40.417&lon=49.825&year=2020>.

Solar energy output, Simulation and design of solar systems [Internet; cited 2020 October 19] Available from: URL: <https://photovoltaicsoftware.com/principle-ressources/how-calculate-solar-energy-power-pv-systems>.

Sun power, how solar panels work in cloudy days [Internet; cited 2020 November 14] Available from: URL: <https://us.sunpower.com/blog/2019/05/09/how-solar-panels-work-cloudy-days>.

Solargis, Solar resource maps of Azerbaijan [Internet; cited 2020 July 17] Available from: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/azerbaijan>.









2-бөлім  
**КАРТОГРАФИЯ  
ЖӘНЕ ГЕОИНФОРМАТИКА**

---

Section 2  
**CARTOGRAPHY  
AND GEOINFORMATICS**

---

Раздел 2  
**КАРТОГРАФИЯ  
И ГЕОИНФОРМАТИКА**

A.K. Aldungarova<sup>1,2</sup> , Ye.B. Uteпов<sup>1,4\*</sup> , T. Mkilima<sup>3,4</sup> ,  
A.S. Tulebekova<sup>1,4</sup> , Sh.Zh. Zharassov<sup>4</sup> , A.K. Abisheva<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>CSI Research&Lab (LLP), Kazakhstan, Nur-Sultan

<sup>2</sup>Toraighyrov University, Kazakhstan, Pavlodar

<sup>3</sup>Ardhi University, Dar es Salaam, Tanzania

<sup>4</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Nur-Sultan

\*e-mail: utepov-elbek@mail.ru

## DEFINING THE BOUNDARIES AND AREA OF THE SAMARKAND RESERVOIR CATCHMENT BASED ON DIGITAL ELEVATION MODELS

In this study, the potential applicability of the Geographical Information System (GIS)-based approach in the catchment delineation and monitoring of hydraulic structures for a case of Samarkand reservoir in the Karaganda region of the Republic of Kazakhstan is presented. Different GIS tools were applied along with different datasets from different sources and resolutions to investigate their effects on catchment delineation and monitoring of hydraulic structures. The first step was to retrieve Digital Elevation Model (DEM) for the case study catchment. However, with the fact that the catchment is among the largest catchments in Central Asia, eight different pieces of DEMs had to be collected and then mosaiced to form one DEM for the entire catchment. Then the catchment was delineated to define its boundaries and stream networks using ArcHydro tools in ArcGIS software. To produce high-quality maps, the study tested DEMs from various open-source, commercial and open-source software. Based on the results of the study, the most suitable DEMs with a resolution of 10 m per pixel and covering the entire potential territory of the study catchment were downloaded from the OpenTopography website. DEM processing made it possible to obtain a fairly accurate outline of the catchment boundaries in vector format, as well as maps of surface runoff and elevations in raster format. The total area and length of the catchment boundaries were 228777 km<sup>2</sup> and 1118 km, respectively. As the study continues, the maps obtained will be used to develop a hydrological model and an improved approach to dam design and monitoring in river basins subjected to urbanization. The approach proposed in the study can be improved by using DEMs with a resolution below 10 m.

**Key words:** GIS, dam design, DEM, catchment delineation, surface runoff.

A.K. Алдунгарова<sup>1,2</sup>, Е.Б. Утепов<sup>1,4\*</sup>, Т. Мкилима<sup>3,4</sup>,  
А.С. Тулебекова<sup>1,4</sup>, Ш.Ж. Жарасов<sup>4</sup>, А.К. Абишева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CSI Research&Lab ЖШС, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ.

<sup>2</sup>Торайғыров университеті, Қазақстан, Павлодар қ.

<sup>3</sup>Ардхи Университеті, Дар-эс-Салам, Танзания қ.

<sup>4</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ.

\*e-mail: utepov-elbek@mail.ru

### Жер бедерінің сандық үлгісі негізінде Самарқанд су қоймасының су жинау алабының шекарасы мен ауданын анықтау

Осы зерттеуде Қазақстан Республикасының Қарағанды облысындағы Самарқанд су қоймасы үлгісінде гидротехникалық құрылыстардың су жинау шекараларын айқындау және мониторингілеу үшін географиялық ақпараттық жүйесінде (ГАЗ) негізделген тәсілдің әлеуетті қолданылуы ұсынылған. ГАЗ-дің әртүрлі құралдары сан алуан көздерден алынған мәліметтер жиынтығымен бірге және олардың су жинау шекараларын анықтауға және гидротехникалық құрылыстарды бақылауға әсерін зерттеу үшін әртүрлі ажыратымдылығымен бірге қолданылды. Бірінші қадам жер бедерінің сандық үлгісін (ЖБСҮ) табу болып саналады. Алайда, бұл Орталық Азиядағы ең ірі су жинау қоймасы екені анық, сондықтан ЖБСҮ-нің сегіз әр түрлі бөлігін жинап, біріктіру қажет болды. Содан кейін су жинау қоймасы ArcGIS бағдарламалық жасақтамасында ArcHydro құралдарын қолдана отырып, оның шекаралары мен ағындар желісін анықтау үшін контуры айқындалды. Зерттеу барысында жоғары сапалы карталарды жасау үшін ЖБСҮ әртүрлі тегін көздерден, ашық бағдарламалардан және коммерциялық бағдарламалардан сыналды.

Зерттеу нәтижелері бойынша пиксельге 10 м ажыратымдылығы бар және зерттелетін су жинаудың барлық ықтимал аумағын қамтитын ең қолайлы ЖБСУ OpenTopography сайтынан жүктелді. ЖБСУ өңдеу векторлық форматта су жинау шекараларының жеткілікті дәл контурын, сондай-ақ растрлық форматта жер үсті ағындары мен биіктік карталарын алуға мүмкіндік берді. Су жинау шекараларының жалпы ауданы мен ұзындығы тиісінше 228777 км<sup>2</sup> және 1118 км құрады. Зерттеу жалғастырылған сайын алынған карталар гидрологиялық модельді әзірлеу және урбанизацияға ұшыраған өзен бассейндеріндегі бөгеттерді жобалау мен мониторингтеуді жетілдіру үшін пайдаланылатын болады. Зерттеуде ұсынылған тәсілді 10 м-ден аз ажыратымдылығы бар ЖБСУ пайдалану арқылы жақсартуға болады.

**Түйін сөздер:** ГАЗ, бөгеттерді жобалау, ЖБСУ, су жинау алаңын контурлау, жер үсті ағыны.

А.К. Алдунгарова<sup>1,2</sup>, Е.Б. Утепов<sup>1,4\*</sup>, Т. Мкилима<sup>3,4</sup>,  
А.С. Тулебекова<sup>1,4</sup>, Ш.Ж. Жарасов<sup>4</sup>, А.К. Абишева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ТОО CSI Research&Lab, Қазақстан, г. Нур-Сұлтан

<sup>2</sup>Торайғыров университет, Қазақстан, г. Павлодар

<sup>3</sup>Университет Ардхи, Дар-эс-Салам, г. Танзания

<sup>4</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Қазақстан, г. Нур-Сұлтан

\*e-mail: utepov-elbek@mail.ru

### Определение границ и площади водосбора Самаркандского водохранилища на основе цифровых моделей рельефа

В данном исследовании представлена потенциальная применимость подхода, основанного на географической информационной системе (ГИС), для определения границ водосбора и мониторинга гидротехнических сооружений на примере Самаркандского водохранилища в Карагандинской области Республики Казахстан. Различные инструменты ГИС применялись вместе с наборами данных из разных источников и с разным разрешением, чтобы исследовать их влияние на определение границ водосбора и мониторинг гидротехнических сооружений. Первым шагом было получение цифровой модели рельефа (ЦМР) для исследуемого водосбора. Однако, учитывая тот факт, что водосбор является одним из крупнейших водосборов в Центральной Азии, необходимо было собрать восемь различных частей ЦМР и объединить их в единую для всего водосбора. Затем водосбор был оконтурен для определения его границ и сети ручьев с помощью инструментов ArcHydro в программном обеспечении ArcGIS. Для создания высококачественных карт в ходе исследования были протестированы ЦМР из различных бесплатных источников, коммерческих программ и программ с открытым исходным кодом. По результатам исследования, наиболее подходящие ЦМР с разрешением 10 м на пиксель и покрывающие всю потенциальную территорию исследуемого водосбора были загружены с сайта OpenTopography. Обработка ЦМР позволила получить достаточно точный контур границ водосбора в векторном формате, а также карты поверхностного стока и высот в растровом формате. Общая площадь и протяженность границ водосбора составили 228777 км<sup>2</sup> и 1118 км, соответственно. По мере продолжения исследования полученные карты будут использоваться для разработки гидрологической модели и усовершенствованного подхода к проектированию и мониторингу плотин в речных бассейнах, подверженных урбанизации. Предложенный в исследовании подход может быть улучшен путем использования ЦМР с разрешением менее 10 м.

**Ключевые слова:** ГИС, проектирование плотин, ЦМР, оконтуривание водосбора, поверхностный сток.

### Introduction

In general, hydraulic structures (HS) deal with different issues related to water. The infrastructures include dams, piping systems, pumping stations, gabion, irrigation schemes, as well as sewerage systems among many other aspects. Improving water management practices is among the roles of hydraulic structures, including quality of water, as well as environmental restoration and protection (Frenken, 2013).

The art of constructing HSs has been known since ancient times. The first historical references to

the construction of dams and reservoirs are found in the works of Herodotus. It is mentioned that the Persians built dams to divert water from their cities during the reign of Abbas I the Great. The stone dam near the city of Kashan was 36 m long, 16 m high, and 10 m thick, where a channel for passing water could be seen at the bottom. In ancient Egypt, reservoirs were located along the Nile River to develop new land. One of the oldest known dams was located 100 km from the city of Amman and dates back to 3000 BC. Stone was used in the construction of the dam, the wall was 4.5 m high and 1 m thick, and its length is unknown. Later, at a distance of

25 km from the city of Kair, a 102 m long dam was built. The feasibility of dam construction was largely determined by the Romans to build reservoirs for drought periods (Zhang, 2011).

According to the report of the International Commission on Large Dams, there were more than 45,000 large dams around the world at the end of the twentieth century. According to this report, more than half of them were built in developing countries. According to the technical characteristics, it is possible to distinguish the most famous modern dams. The highest artificial dam is the Jinping-1 hydro-

power plant on the Yalongjiang River in China, built of arch-concrete type and with a height of 305 m. One of the largest is a natural dam formed on Sarez Lake after the earthquake with a height of 567 m. In terms of nominal water volume, it is possible to distinguish the dam built in 1959 between Zambia and Zimbabwe on the Zambezi River. Its volume is 180.6 km<sup>3</sup>. As a rule, the reservoirs held back by HS are formed due to the accumulation of precipitation, underground or surface rivers flowing into it from the surrounding area, i.e., the catchment area (Fig. 1) (ANCOLD, 2012).

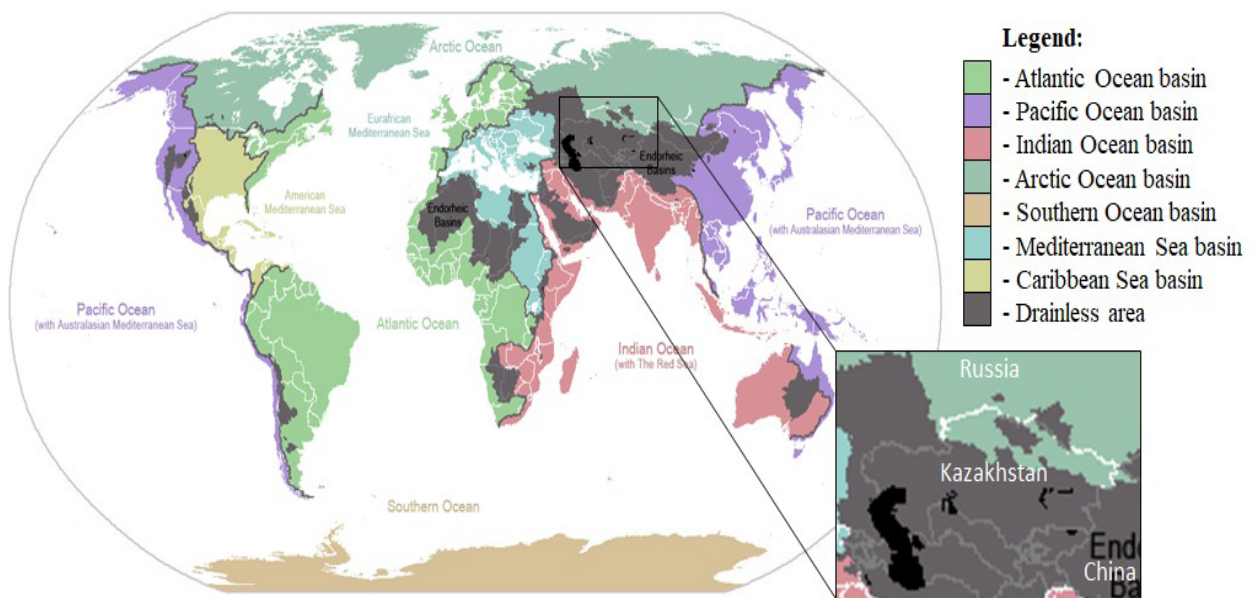


Figure 1 – Boundaries of the main catchments of the world and Kazakhstan

However, these structures need to be regularly monitored using efficient and cost-effective tools and approaches. Monitoring of the condition of hydraulic structures is carried out to ensure the management of the rational and safe maintenance of the structure. GIS-based approaches are among the most effective in the monitoring of hydraulic structures. GIS in civil engineering is widely used in transportation planning and management, and water resources planning and management, which mainly include watershed management (ANCOLD, 2012). Catchment delineation is among the important steps in watershed management that have a significant potential application in the monitoring of a hydraulic structure.

Catchment delineation helps to identify the surface water features within a catchment and understand the downstream impacts when planning and

implementing water quality and quantity-related protection and mitigation measures (Bowles et al., 2001).

In this study, a GIS-based approach is used for the catchment delineation as part of examining its potential for monitoring of hydraulic structures, for a case of Samarkand reservoir in the Karaganda region of the Republic of Kazakhstan. The catchment delineation process is achieved using ArcGIS software in conjunction with DEM.

## Materials and methods

### Case study description

The selection of the case study is based on the fact that the catchment is one of the largest and old reservoirs of the Nura-Sarysu water basin, located on the Nura River in Temirtau City, Karaganda Region

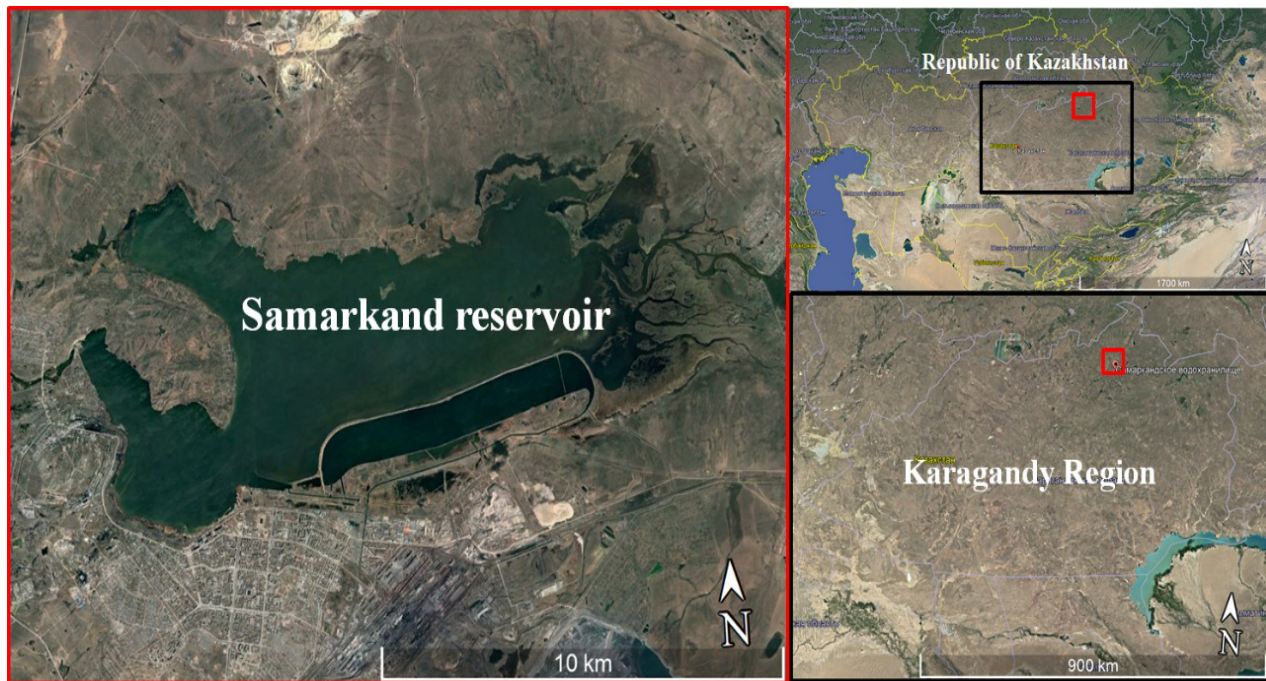


of Kazakhstan (Fig. 2). The Samarkand reservoir is used by large enterprises such as Karmetkombinat, TEMK, power plants KarGRES-1, TETs-2, TETs-PVS, etc.

#### *Data collection*

In this study, DEM was the main input data and can be defined as a specialized database representing the relief of a surface between points that have known elevation. A rectangular DEM can also be created by interpolating known elevation data on the ground acquired from sources such as ground surveys and photogrammetric data capture. Their quality dictates the vertical and horizontal resolu-

tions. For defining catchment boundaries in GIS, the important thing is vertical resolution, that is, the difference of heights between modeled (or detected heights) and actual heights of the relief surface. Classically, a distinction is made between DEM resolutions of 10 m, 30 m, and 90 m, which are freely available. More accurate DEMs with a resolution of less than 1 m for research purposes can be obtained free of charge upon an official request from the authorized bodies if sufficient justification is provided, as their cost is quite high. DEMs can be in formats such as .tif, shp, etc. Several open access sources for retrieving DEMs were examined in this study (Table 1).



**Figure 2** – Location of the Samarkand Reservoir

**Table 1** – DEM data sources covered in this study

№	Name	Web site link
1	OpenTopography	<a href="https://portal.opentopography.org">https://portal.opentopography.org</a>
2	USGS	<a href="https://earthexplorer.usgs.gov">https://earthexplorer.usgs.gov</a>
3	ALOS	<a href="https://eorc.jaxa.jp">https://eorc.jaxa.jp</a>
4	Copernicus	<a href="https://scihub.copernicus.eu">https://scihub.copernicus.eu</a>
5	NASA	<a href="https://search.earthdata.nasa.gov">https://search.earthdata.nasa.gov</a>

Note that in the process of searching for DEM data, a number of difficulties were identified that can be encountered, for example:

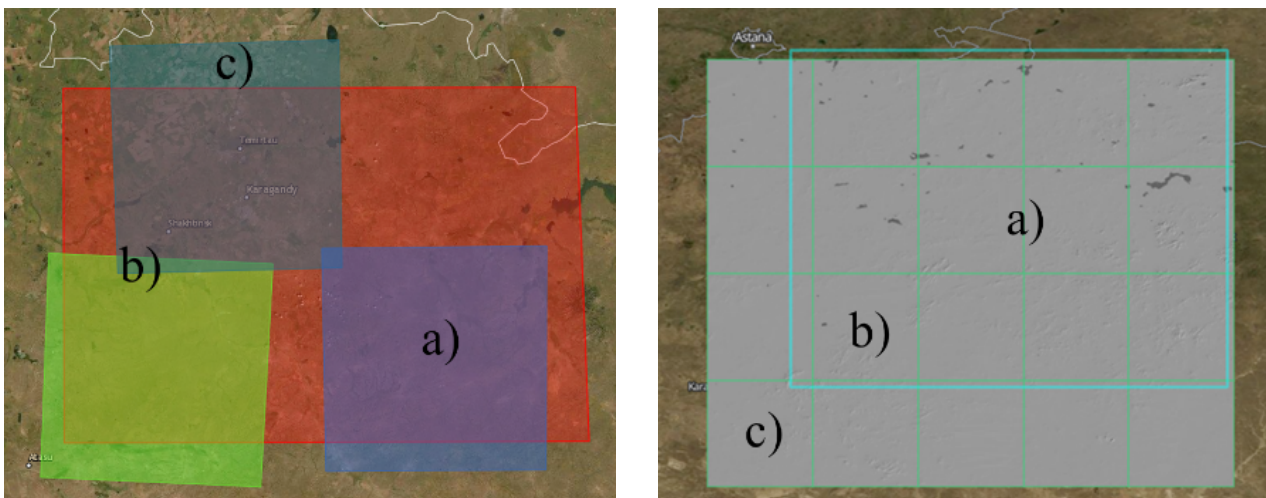
- (i) Searching for DEM with a resolution of 10 m and below;
- (ii) Absence of a single or a number of DEMs covering the entire study area (Fig. 3);
- (iii) Combining different DEMs with subsequent editing (Fig. 3).

*DEM preprocessing*

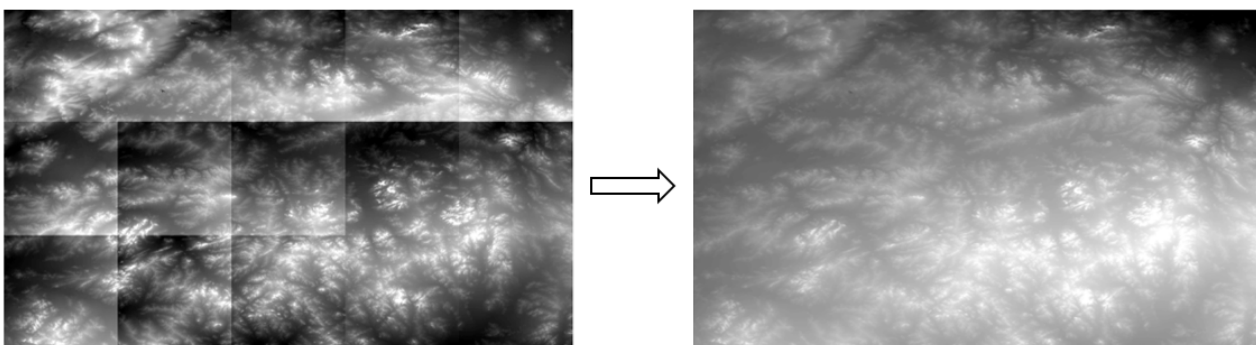
The catchment delineation process was carried out step by step with the help of the Spatial Analyst tools in ArcGIS software. Before filling sinks in the

DEM, the Mosaic To New Raster tool was used to combine multiple DEMs into one covering the entire case study. (Fig. 4).

At the next stage, the Fill Sinks tool was used. This stage of DEM processing made it possible to eliminate small defects on the surface of the raster, associated with the so-called “sinks”. The fill sinks tool in Spatial Analyst tools was used to fill sinks in the Digital Elevation Model. This was done to ensure that, if there are cells with higher elevation surrounding a cell with a lower elevation, hinders the water to flow and makes it trapped in the lower elevation cell, hence the water cannot flow out of the cell (Qin et al., 2017).



**Figure 3** – Examples of mismatches between the boundaries and sizes of the DEM and the study area:  
 a) study area; b) an intersection of the study area with the sub-area; c) area outside the study area



**Figure 4** – Combining DEM tiles into a single raster

The Flow Direction tool was used to determine sink flow directions. Flow direction tool was used to indicate the direction of the steepest descent to a neighbor cell and defined for each grid cell. Generally, this function computes the

flow direction for a given grid in which the values computed in the cells of the flow direction grid indicate the direction of the steepest descent from that cell (Fig. 5a). It is based on pixel depth in bits. In this case, ArcGIS automatically se-



lects one of three flow-directional determination algorithms:

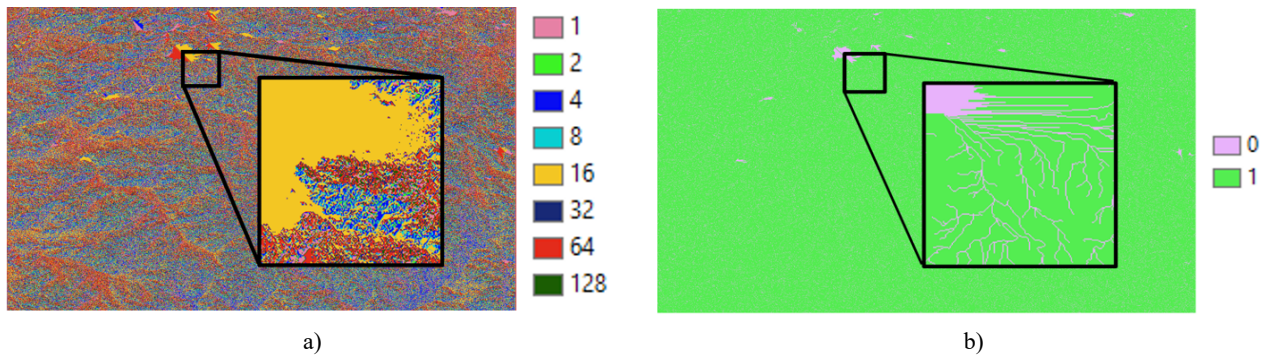
(i) D8 flow modeling algorithm, which constructs a flow direction from each pixel to its neighbor with the steepest slope neighbor.

(ii) Multiple Flow Direction (MFD) algorithm, which splits the flow from a cell to all downhill neighbors; here the flow splitting exponent is created using an adaptive approach based on local terrain conditions and is used to determine the fraction of flow that flows down to all downhill neighbors.

The D-Infinity flow algorithm (DINF), which defines the flow direction as the steepest downward slope. The flow direction is a floating-point raster represented as a single angle in degrees counter-clockwise from 0 to 360 (eastward only) (Tarboton, 2003).

To further simulate the flow of water volume along the slope (Fig. 5b), the Flow Accumulation tool was used, which applies an analogy to the same Flow Direction tool, but in this case, the pixel values are filled by identifying the flow volume and everything else, that is, the flow volume will have no pixel value (0), and the surrounding terrain takes a pixel value equal to 1.

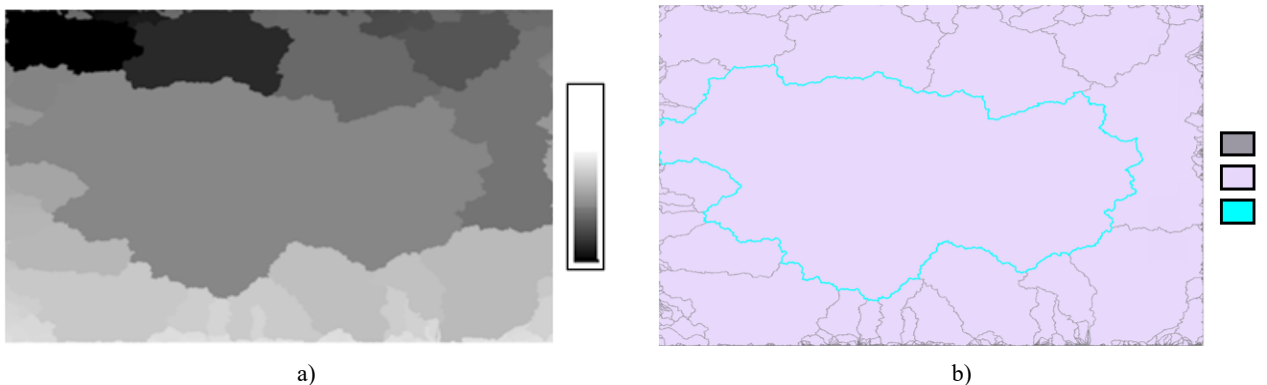
Flows over the entire drainage basin area are defined through the Basin tool. All drainage basins in the DEM are delineated by defining ridgelines between basins. The inlet flow direction raster is analyzed to find all sets of connected cells that belong to the same drainage basin. The creation of drainage basins begins with the identification of points of common outflow. The result is a grid of drainage basins in different shades of gray (Fig. 6a) (MaDGIC, 2014).



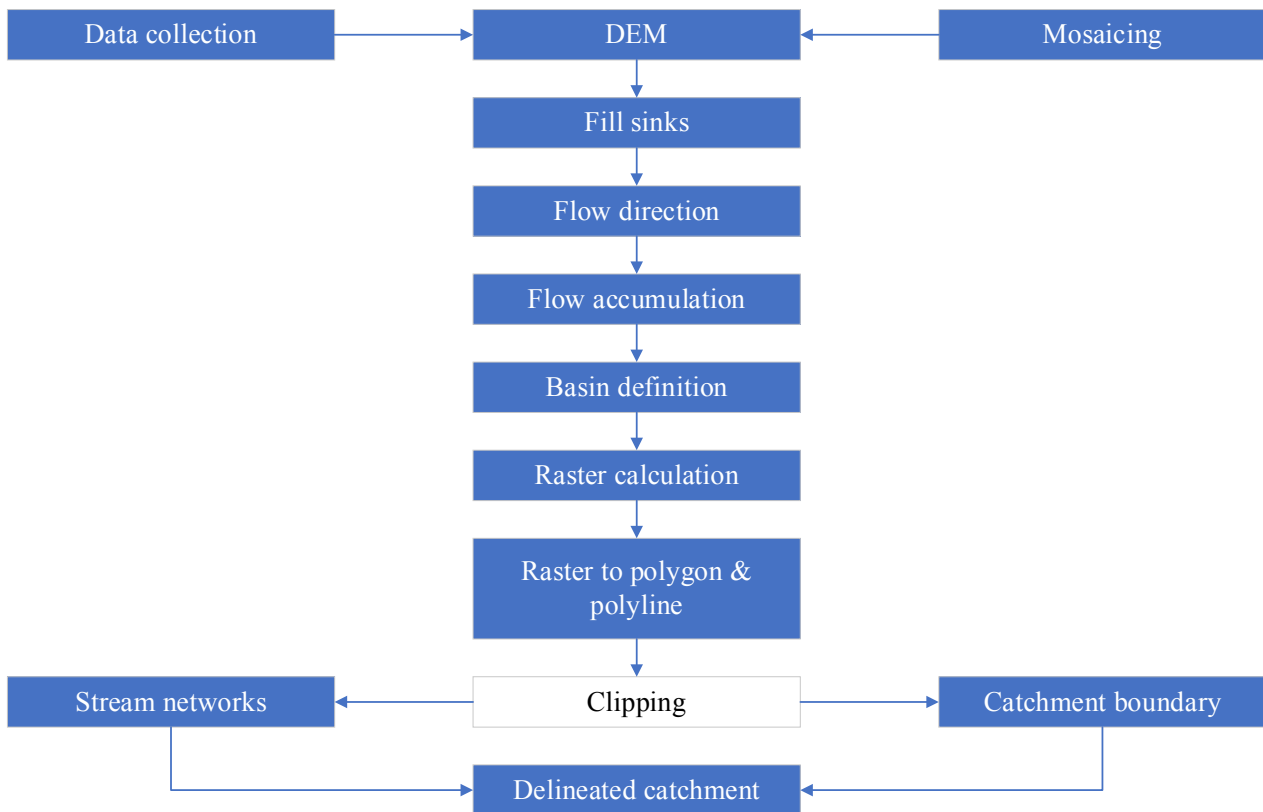
**Figure 5** – Flow direction maps: a) flow directions according to the pixel value; b) accumulation of pixels into one common stream

Drainage basins are formed, and then it is necessary to select the necessary contour is selected, which will be the boundaries of the study catchment for Samarkand Reservoir. For this purpose, the raster dataset is converted into polygons through the Raster to

Polygon tool. The logic of contour building is also based on the size of the same contained cell values, which form the drainage basin area and highlight it with a color different from other boundaries lying outside the investigated catchment area (Fig. 6b).



**Figure 6** – Drainage basin maps: a) raster format; b) vector format



**Figure 7** – Summary of the workflow

The final processing step is to cut out a fragment of one feature class using one or more objects of another class. In other words, the DEM was cut along the catchment boundary from the obtained polygon using the Clip tool.

Fig. 7 provides a summary of the main procedures during the catchment delineation process to the definition of stream networks and catchment boundary.

## Results and Discussion

The catchment was successfully delineated for different drainage threshold areas using gully grating points as outlets. In this study, it was observed that varied drainage threshold area parameters and resolutions of DEM play a significant role in determining catchment area and stream networks.

The selection of the threshold was observed to have a twofold impact on the watershed delineation process. The first issue is based on the speed of delineation. When a large threshold was selected, then a few initial subwatersheds were generated with a bit faster process and was efficient since the extracted grids were still large.

It was also observed that threshold selection plays an important role in the generation of adjoint catchments. When the threshold was more than 20,000, the delineation process produced empty adjoint catchments. Therefore, the threshold was reduced to 1000 the process was able to successfully generate the adjoint catchments. The threshold definition (stream definition) was performed after the flow direction and flow accumulation grids were determined.

The smaller threshold was observed to be resulting in a larger number of subwatersheds and stream networks. Moreover, the smaller threshold definition was observed to speed-up the delineation for a point (as the extracted flow direction grid is smaller) but increased the time to perform all the required preprocessing steps.

On the other hand, collecting suitable DEMs from open sources was observed to be a time-consuming process. Unfortunately, all organizations on the territory of the Republic of Kazakhstan provide these DEM images on a commercial basis, even taking into account the scientific goals pursued by students at universities. Probably this is a temporary trend since GIS development in Kazakhstan is rather new and not all regulations on data provision are still in place. So,

on the example of a large organization JSC NC “Kazakhstan Garysh Sapary”, we can conclude that research on “Optimization of the technical parameters and methodological approach to the use of remote sensing data by domestic satellites KazEOSat-1, 2” began only in 2018 (Бактыбеков, 2017; Duisenбай, 2018). Abroad, only high-precision images with a resolution of up to 10 meters are commercially available, while the rest is available to the public on a free-of-charge basis. They are stored on special servers of organizations studying space, which have their satellites or they supervise missions to collect data and send them to study the planet. Five large foreign servers with DEMs of different resolutions were reviewed. In one of them, in OpenTopography, DEMs with full coverage of the territory of Kazakhstan with a resolution of 10 m were found.

The selection of software for DEM processing is based on the high demand ranking, equal to 97% among the programs of this kind. ArcMap software allows to fully working with raster data and process DEMs. It should be noted that the second alternative

was to use second or third generation. The only distinguishing feature of which is considered is that the second version is free and open for private use and implementation of its tools.

The determination of the boundaries of the catchment boundaries consisted of several stages using different tools of the ArcMap software, with three basic algorithms of flow calculation techniques based on the data processed. As a result of the multistep processing of the DEM data, the boundary of the catchment (located in the Nura-Sarysu basin) was built, its area and boundary length were calculated, which were 22877 km<sup>2</sup> and 1118 km, respectively. This .shp file can be used to geographically overlay the contour on other types of spatial data, which allows highlighting or excluding information in or outside the catchment. The boundaries of the catchment were then validated using the Google Earth Pro engine, the results it was observed that the delineated catchment was sufficiently covering the study catchment from the .kml file generated using ArcGIS (Fig. 8).



**Figure 8** – Catchment boundaries raptured on Google Earth (a) boundary only (b) boundary with fill (c) with nearby places

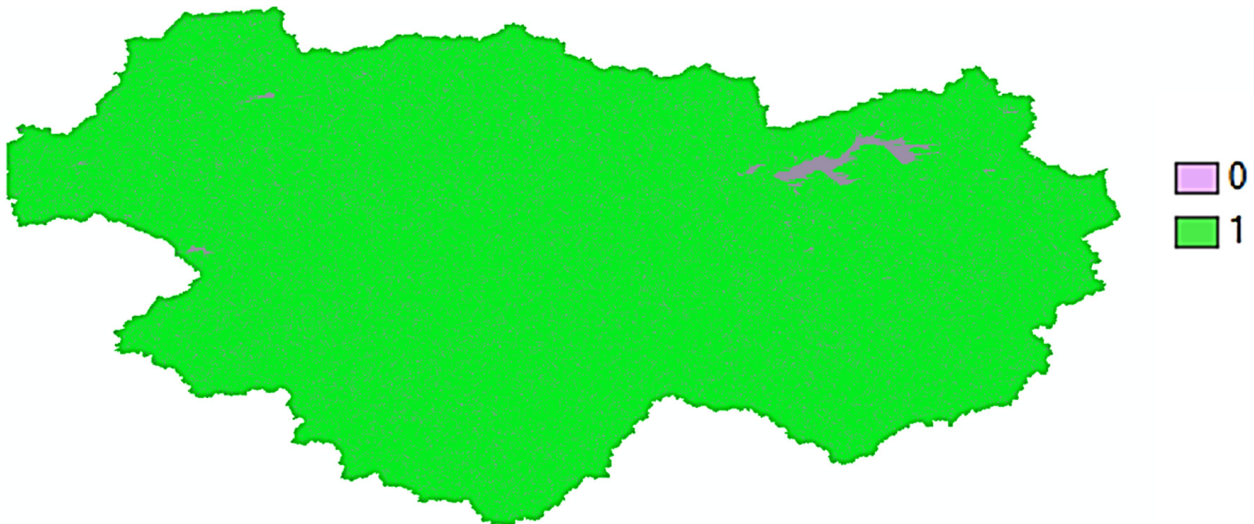
Thus, the results define the purpose and relevance of the study in connection with the increasing construction plans in Kazakhstan in the

next 10 years, as well as for the monitoring of existing hydrotechnical structures built more than 50 years ago.



Based on the catchment boundary obtained and the simulation using algorithms and pixel values, a simulation of water volume flows along the slopes was built (Fig. 9).

Further, a DEM of the catchment area with raster data was prepared, which can be used for a comprehensive study of the Nura-Sarysu water basin using other ArcGIS software tools.



**Figure 9** – Flow directions within the catchment area

The case study catchment delineation was accomplished, where the boundary of the entire catchment as well as its streams, were properly computed with a well-drained catchment with up to four stream orders. In general, the simulated fourth, third-order, and most of the second-order streams, matched perfectly with existing streams on the ground. However, most of the first-order streams could not be captured in the delineation, especially for the 30 m resolution DEM.

The approach investigated in this study is increasingly finding practical application in the modern principles of HS design. Domestic attempts to introduce GIS in the design and construction of HS were widely discussed at conferences, and a number of articles were devoted to this (Kabzhanova et al., 2020; Kabzhanova et al., 2019; Kabdulova et al., 2019). For example, the KazEOSat-1 first images of the Kazakhstan remote sensing satellite were used for flood forecasting in the Central Kazakhstan region. The object of the study was the problem of floods in the basin of the river Zhabai, which is a frequent phenomenon, and the obtained DEM in combination with data from the hydrometeorological service “Kazgidromet” allowed us to simulate and predict its frequency (Baktybekov, 2020). Another direction in the use of GIS is clearly shown in the example of the processing of forest resources of

the Republic of Kazakhstan. The model created by (Kabdulova et al., 2020) makes it possible to identify forest areas that have changed, in particular, due to logging and fires. In general, the use of GIS approaches can solve many global strategic tasks if there is the availability of high-resolution satellite images, as well as powerful technical equipment for fast data processing.

### Conclusion

The potential applicability of the GIS-based approach in the catchment delineation and monitoring of hydraulic structures for a case of Samarkand reservoir in the Karaganda region of the Republic of Kazakhstan was investigated. DEM was used as the main input data to the catchment delineation process in ArcGIS to demarcate the boundary of the catchment and define stream networks. From the delineation process, a well-drained catchment with up to four stream orders. In general, the simulated fourth, third-order, and most of the second-order streams, matched perfectly with existing streams on the ground. However, most of the first-order streams could not be captured in the delineation, especially for the 30m resolution DEM. Therefore, high-resolution DEMs are preferable for a more accurate definition of stream networks. The approach was

able to demarcate 228777 km<sup>2</sup> of the entire catchment area, which is equivalent to 1118 km of the perimeter. The results in this study revealed further that, using GIS-based tools for catchment delineation can be an effective approach for the monitoring process of HSs.

## Acknowledgement

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP09258790).

## References

- ANCOLD. Guidelines on Tailings Dams: Planning, Design, Construction, Operation and Closure. AUSTRALIAN NATIONAL COMMITTEE ON LARGE DAMS, 2012. – P. 84.
- Baktybekov K.S. MODELING OF FLOOD INUNDATION FOR ZHABAY RIVER BASIN IN CENTRAL KAZAKHSTAN REGION // Eurasian Physical Technical Journal, 2020. – Vol. 17, No. 1. – P. 157–162.
- Bowles D.S., Johnson D.L. ASDSO/FEMA SPECIALTY WORKSHOP ON RISK ASSESSMENT FOR DAMS // Proceedings of the 2001 ASDSO 21st Annual Conference. Snowbird, 2001.
- Duisenbai N. DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF SCIENTIFIC BASED METHODOLOGY OF PREDICTING AND MODELING OF FLOOD AND INUNDATION USING KAZEOSAT-1, 2 SPACE CRAFT REMOTE SENSING DATAS // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, 2018. – Vol. 18, – No. 1.5. – P. 253–258.
- Frenken K. Irrigation in Central Asia in figures: AQUASTAT Survey-2012 // FAO Water Report. Rome, 2013. – P. 107.
- Kabdulova G., Kabzhanova G., Baktybekov K., Aimbetov A., Aligazhiyeva L. Satellite remote sensing for monitoring of the forest resources of Kazakhstan // Seventh International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2019) / ed. Papadavid G. et al. SPIE, 2019. – P. 37.
- Kabdulova G., Meirmanova T., Aimbetov A., Kabzhanova G., Baktybekov K. GIS capabilities in monitoring of forest logging and assessment of burned areas based on Earth remote sensing data // Eighth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2020) / ed. Themistocleous K. et al. SPIE, 2020. – P. 40.
- Kabzhanova G., Baktybekov K., Aimbetov A., Aligazhiyeva L., Kabdulova G. Use of Earth remote sensing data for monitoring of the level of soil fertility // Eighth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2020) / ed. Themistocleous K. et al. SPIE, 2020. P. 41.
- Kabzhanova G., Baktybekov K., Aimbetov A., Kurmasheva A., Kabdulova G. Remote monitoring of the main types of soil in Northern Kazakhstan // Seventh International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2019) / ed. Papadavid G. et al. SPIE, 2019. – P. 25.
- MaDGIC. Watershed Delineation with ArcGIS 10.2.x // Resources and Environment. 2014. – P. 9.
- Qin R., Lin L., Kuang C., Su T.-C., Mao X., Zhou Y. A GIS-based software for forecasting pollutant drift on coastal water surfaces using fractional Brownian motion: A case study on red tide drift // Environ. Model. Softw, 2017. – Vol. 92. – P. 252–260.
- Tarboton D.G. Terrain analysis using digital elevation models in hydrology // 23rd ESRI international users conference. Utah State University, 2003. – P. 13. USDI, Downstream Hazard Classification Guidelines. ACER Technical Memorandum No. 11., Denver, 1988.
- Zhang H. Building materials in civil engineering // Building Materials in Civil Engineering. Woodhead Publishing Limited, 2011. – P. 440.
- Бактыбеков К.С. Оптимизация технических параметров и методического подхода к использованию данных дистанционного зондирования Земли отечественных космических аппаратов KazEOSat-1, 2 // Новостной портал АО НК «Қазақстан Ғарыш Сапары», 2017. URL: [https://www.gharysh.kz/novosti/novostdetalnoz\\_4\\_1291/](https://www.gharysh.kz/novosti/novostdetalnoz_4_1291/).

## References

- ANCOLD. (2012) Guidelines on Tailings Dams: Planning, Design, Construction, Operation and Closure. AUSTRALIAN NATIONAL COMMITTEE ON LARGE DAMS, P. 84.
- Baktybekov K.S. (2020) MODELING OF FLOOD INUNDATION FOR ZHABAY RIVER BASIN IN CENTRAL KAZAKHSTAN REGION. Eurasian Physical Technical Journal, 17(1). P. 157–162.
- Bowles D.S., Johnson D.L. (2001) ASDSO/FEMA SPECIALTY WORKSHOP ON RISK ASSESSMENT FOR DAMS. Proceedings of the 2001 ASDSO 21st Annual Conference. Snowbird.
- Duisenbai N. (2018) DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF SCIENTIFIC BASED METHODOLOGY OF PREDICTING AND MODELING OF FLOOD AND INUNDATION USING KAZEOSAT-1, 2 SPACE CRAFT REMOTE SENSING DATAS // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, 18(1.5), P. 253–258.
- Frenken K. (2013) Irrigation in Central Asia in figures: AQUASTAT Survey-2012. FAO Water Report. Rome, P. 107.
- Kabdulova G., Kabzhanova G., Baktybekov K., Aimbetov A., Aligazhiyeva L. (2019) Satellite remote sensing for monitoring of the forest resources of Kazakhstan. Seventh International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2019). ed. Papadavid G. et al. SPIE, P. 37.

Kabdulova G., Meirmanova T., Aimbetov A., Kabzhanova G., Baktybekov K. (2020) GIS capabilities in monitoring of forest logging and assessment of burned areas based on Earth remote sensing data. Eighth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2020). ed. Themistocleous K. et al. SPIE, P. 40.

Kabzhanova G., Baktybekov K., Aimbetov A., Aligazhiyeva L., Kabdulova G. (2020) Use of Earth remote sensing data for monitoring of the level of soil fertility. Eighth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2020) / ed. Themistocleous K. et al. SPIE, P. 41.

Kabzhanova G., Baktybekov K., Aimbetov A., Kurmasheva A., Kabdulova G. (2019) Remote monitoring of the main types of soil in Northern Kazakhstan. Seventh International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2019) / ed. Papadavid G. et al. SPIE, P. 25.

MaDGIC. (2014) Watershed Delineation with ArcGIS 10.2.x. Resources and Environment, P. 9.

Qin R., Lin L., Kuang C., Su T.-C., Mao X. Zhou Y. (2017) A GIS-based software for forecasting pollutant drift on coastal water surfaces using fractional Brownian motion: A case study on red tide drift. Environ. Model. Softw, 92, P. 252–260.

Tarboton D.G. (1988) Terrain analysis using digital elevation models in hydrology. 23rd ESRI international users conference. Utah State University, 2003. – P. 13. USDI, Downstream Hazard Classification Guidelines. ACER Technical Memorandum, 11, Denver.

Zhang H. (2011) Building materials in civil engineering. Building Materials in Civil Engineering. Woodhead Publishing Limited, P. 440.

Baktybekov K.S. (2017) Optimizaciya tehničkih parametrov i metodicheskogo podhoda k ispol'zovaniju dannyh distantsionnogo zondirovaniya Zemli otechestvennyh kosmicheskikh apparatov KazEOSat-1, 2 [Optimization of technical parameters and methodological approach to the use of remote sensing data from domestic satellites KazEOSat-1, 2]. News portal of NC Kazakhstan Garysh Sapary JSC. URL: [https://www.gharysh.kz/novosti/novostdetalnoz\\_4\\_1291/](https://www.gharysh.kz/novosti/novostdetalnoz_4_1291/).

3-бөлім  
**МЕТЕОРОЛОГИЯ  
ЖӘНЕ ГИДРОЛОГИЯ**

---

Section 3  
**METEOROLOGY  
AND HYDROLOGY**

---

Раздел 3  
**МЕТЕОРОЛОГИЯ  
И ГИДРОЛОГИЯ**

М.А. Алагуджаева<sup>1</sup> , С.Т. Токсанбаева<sup>1\*</sup> ,  
Н.Е. Рамазанова<sup>1</sup> , Ж.А. Тусупбеков<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, г. Нур-Султан

<sup>2</sup>Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Россия, г. Омск

\*e-mail: sabina.toksanbaeva@mail.ru

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТАЛОГО СТОКА НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА РЕКИ НУРА ОТ САМАРКАНДСКОГО ДО ИНТУМАКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ

Бассейн реки Нура характеризуется неравномерным внутригодовым распределением стока, 90 % речного стока приходится на весеннее половодье, при этом следует отметить, что отличительной характерной чертой речного бассейна реки Нура является то, что сток половодья формируется за счет снегового талого стока. Информация о талом стоке необходима при прогнозировании паводковой ситуации для краткосрочного и долгосрочного периода в отраслевом производстве, так как для территории Казахстана это весьма актуальная проблема. Талый сток является одним из главных факторов формирования стока реки, при обильном снеготаянии это является одной из главных причин формирования затоплений, подтоплений и наводнений. В связи с этим моделирование талого стока является актуальной и значимой задачей. Снежный покров играет важную роль при взаимодействии климатических, гидрологических и гляциологических процессов. Снег является мощным климатообразующим фактором, оказывающим существенное влияние на формирование погодных условий. Одной из важнейших характеристик снежного покрова является запас воды, или водный эквивалент, также именуемый талый сток. Поэтому предметом исследования стало моделирование талого стока. Цель статьи – прогнозирование и моделирование талого стока на примере участка реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилищ с исследованием данных за период с 01.11.2013 по 01.04.2014 год и прогнозом моделирования с 1.04.2014 по 06.04.2014. Период исследования был выбран не случайно. В ходе анализа данных и характеристик по данному участку именно период 2014 года являлся одним из самых многоводных годов. В связи с чем выбран вышеуказанный период исследования. Исследования проводились на основе данных РГП «КазГидромет» по гидрологическим и метеорологическим показателям и цифровой модели рельефа.

**Ключевые слова:** талый сток, гидрологическое моделирование, прогнозирование, бассейн реки, цифровые модели рельефа.

M.A. Alagudzhaeva<sup>1</sup>, S.T. Toxanbayeva<sup>1\*</sup>, N.E. Ramazanova<sup>1</sup>, Zh.A. Tusupbekov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Kazakhstan, Nur-Sultan

<sup>2</sup>Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Russia, Omsk

\*e-mail: sabina.toksanbaeva@mail.ru

### Modeling of meltwater runoff on the example of the Nura river section from Samarkand to Intumak reservoirs

The Nura River basin is characterized by an uneven intra-annual distribution of runoff, 90 % of the river runoff falls on the spring flood, while it should be noted that a distinctive characteristic feature of the Nura River basin is that the flood runoff is formed due to snow melt runoff. Information about meltwater runoff is necessary when predicting a flood situation for a short and long-term period in industrial production, since this is a very urgent problem for the territory of Kazakhstan. Thawed runoff is one of the main factors in the formation of river flow, with heavy snowmelt-it is one of the main reasons for the formation of flooding, flooding and flooding. In this regard, the modeling of melt runoff is an urgent and significant task. Snow cover plays an important role in the interaction of climatic, hydrological and glaciological processes. Snow is a powerful climate-forming factor that has a significant impact on the formation of weather conditions. One of the most important characteristics of the snow cover is the water supply, or water equivalent, also called melt runoff. Therefore, the subject of the study was the



modeling of melt runoff. The purpose of the article is forecasting and modeling of melt runoff on the example of the Nura River section from the Samarkand to Intumak reservoirs with the study of data for the period from 01.11.2013 to 01.04.2014 and the forecast of modeling from 1.04.2014 to 06.04.2014. The study period was not chosen by chance. Since during the analysis of data and characteristics for this site, it was the period of 2014 that was one of the most high-water years. In this connection, the above-mentioned study period was chosen. The research was carried out on the basis of the data of the RSE "KazHydromet" on hydrological and meteorological indicators and a digital relief model.

**Key words:** meltwater runoff, hydrological modeling, forecasting, river basin, digital terrain models.

М.А. Алағуджаева<sup>1</sup>, С.Т. Токсанбаева<sup>1\*</sup>, Н.Е. Рамазанова<sup>1</sup>, Ж.А. Тусупбеков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>А.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ.

<sup>2</sup> П.А. Столыпин атындағы Омбы мемлекеттік аграрлық университеті, Ресей, Омбы қ.

\*e-mail: sabina.toksanbaeva@mail.ru

### Нұра өзенінің мысалында еріген ағынды модельдеу Самарқандтан Ынтымақ су қоймаларына дейін

Нұра өзенінің бассейні ағынның жыл ішіндегі біркелкі бөлінбеуімен сипатталады, өзен ағынының 90%-ы көктемгі су тасқынына келеді, ал Нұра өзенінің бассейнінің ерекшелігі – су тасқыны қардың еріген ағынына байланысты қалыптасады. Еріген ағын туралы ақпарат салалық өндірістегі қысқа мерзімді және ұзақ мерзімді кезең үшін су тасқыны жағдайын болжау кезінде қажет, өйткені Қазақстан аумағы үшін бұл өте өзекті мәселе. Еріген ағын өзен ағысының қалыптасуының негізгі факторларының бірі болып табылады, қардың көп еруі кезінде су тасқыны, су тасқыны және су тасқынының пайда болуының негізгі себептерінің бірі болып табылады. Осыған байланысты еріген ағынды модельдеу өзекті және маңызды міндет болып табылады. Қар жамылғысы климаттық, гидрологиялық және гляциологиялық процестердің өзара әрекеттесуінде маңызды рөл атқарады. Қар ауа-райының қалыптасуына айтарлықтай әсер ететін қуатты климаттық фактор болып табылады. Қар жамылғысының маңызды сипаттамаларының бірі – су қоры немесе еріген ағын деп аталатын су баламасы. Сондықтан зерттеу тақырыбы еріген ағынды модельдеу болды. Мақаланың мақсаты – 01.11.2013–01.04.2014 жылдар аралығындағы деректерді зерттеумен 1.04.2014–06.04.2014 жылдар аралығындағы модельдеу болжамымен Самарқандтан Ынтымақ су қоймаларына дейінгі Нұра өзенінің учаскесі мысалында еріген су ағынын болжау және модельдеу. Зерттеу кезеңі кездейсоқ таңдалмады. Осы учаске бойынша деректер мен сипаттамаларды талдау барысында дәл осы 2014 жыл кезеңі ең көп су жылдарының бірі болды. Осыған байланысты жоғарыда аталған зерттеу кезеңі таңдалды. Зерттеулер «Қазгидромет» РМК-ның гидрологиялық және метеорологиялық көрсеткіштері мен рельефтің сандық моделі бойынша деректері негізінде жүргізілді.

**Түйін сөздер:** еріген ағын, гидрологиялық модельдеу, болжау, өзен бассейні, рельефтің сандық модельдері.

## Введение

Таяние снега вызывает формирующийся сток, который имеет многофазовые и многофакторные процессы, характеризующиеся физико-географическими условиями и именуемые как талый сток. Поступление солнечной радиации и тепла на снеговую поверхность Земного шара образует талый сток (Dorothy K., 2001: 5).

Основные факторы, способствующие процессу таяния снега, определяются общим количеством снежных запасов, равномерностью распределения, наличием оттепели, общим количеством теплоты, поступающей на исследуемый участок, инсоляции, активного теплообмена между воздушной оболочкой и снежным покровом, теплообменом между поверхностью разделов почвенного и снежного покровов, также это

альбедная характеристика по снежному покрову, рельефу местности, направлению и ветровой скорости. При взаимодействии перечисленных факторов определяется сточная интенсивность и почвенный смыв, высотные отметки по гидрографу половодья и его продолжительности. По гидравлическим и гидрохимическим характеристикам с водотоков по склонам, используемым для прогнозирования наводнений, проектирования по противоэрозионным, дорожным и коллекторным сооружениям, для решения ряда экологических задач данные процедуры являются необходимыми и важными (Buchele, B., 2006: 485; De Moel H., 2009: 13; Genovese, E., 2006; Galland J.C., 1991: 148).

Формирование стока по склонам исследуется уже долгое время учеными с разных стран и мира. Так, вопросы формирования сто-

ка изучались В.П. Лидовым, А.В. Караушевым, К.М. Зубковым, Г.И. Швобсом, Н.И. Маккавеевым. В данный момент интенсивные исследования проводятся А.Г. Тарарико, В.Я. Григорьевым, М.С. Кузнецовым, Г.А. Ларионовым, С.Ю. Булыгиным, М.А. Неаринг, Ж.Е. Моррисон (Van Alphen J. and Van Beek E., 2006).

Значимая роль снежного покрова заключается в том, что он формирует и взаимодействует с гидрологическими и гляциологическими процессами. Он также является мощным климатообразующим фактором, оказывающим существенное влияние на формирование погодных условий (Соснин В.С., 2014; Апполов Б.А., 1974: 246; Abbott M. B., 1967: 97).

Бассейн реки Нура характеризуется неравномерным внутригодовым распределением стока, 90 % речного стока приходится на весеннее половодье, при этом следует отметить, что отличительной характерной чертой речного бассейна реки Нура является то, что сток половодья формируются за счет снегового талого стока. Расположение в центре Казахского мелкосопочника, также имеющего название как Казахская складчатая страна, и в центре Евразии сказывается на климате и характеризует его как резко континентальное и крайне засушливое место с недостаточным увлажнением и низкой влажностью воздуха с преобладанием арктических, полярных и тропических воздушных масс.

Информация о талом стоке необходима при прогнозировании паводковой ситуации для краткосрочного и долгосрочного характера в отраслевом производстве, так для территории Казахстана это весьма актуальная проблема. Талый сток является одним из главных факторов формирования стока реки, при обильном снеготаянии это является одной из главных причин формирования затоплений, подтоплений и наводнений. В связи с этим моделирование талого стока является актуальной и значимой задачей (Шовенгердт Р.А., 2010: 16; Burakov D.A., 2019).

Именно поэтому *цель исследования данной статьи* – прогнозирование и моделирование талого стока на примере участка реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилищ с исследованием данных за период с 01.11.2013 по 01.04.2014 год и прогнозом моделирования с 1.04.2014 по 06.04.2014.

Территория бассейна реки Нура исследовалась на протяжении многих лет, количество наблюдаемых гидрологических постов с 1930 года по настоящее время составляло 73, на данный

момент действующими являются 7 гидропостов: с. Бес-Оба, с. Пролетарское, ст. Балыкты, Карамурын, а. Акмешит, Романовка и Бирлик. При анализе существующих данных наблюдений по паводочному стоку реки Нура было обнаружено, что максимальные расходы в основном проходили в весенний период из-за таяния снега, что говорит о ситуации половодья. Так при рассмотрении данных, например по гидропосту Карамурын, пиковые расходы проходили в период апреля месяца. Самые максимальные расходы проходили в 2014 году. Поэтому период исследования выбран не случайно. В ходе анализа данных и характеристик по данному участку именно период 2014 года являлся одним из самых многоводных годов. В связи с чем именно данный период был взят для экспериментального исследования. Данные были взяты за период с 01.11.2013 по 01.04.2014 год, а прогнозный период был взят с 1.04.2014 по 06.04.2014. Ниже дана более подробная информация по исследованию.

*Задачами исследования данной статьи являлись:*

- сбор необходимых физико-географических данных исследуемого объекта;
- создание цифровой модели рельефа площади исследуемого объекта с использованием программы ArcGIS 10.5;
- определение площади заснеженности каждой зоны на основе спутниковых данных;
- сбор и анализ переменных данных по объекту исследования на основе спутниковых данных для работы с моделью программы WinSRM;
- вычисление рассчитанных параметров для работы с моделью программы WinSRM;
- моделирование ежедневного прогноза талого стока с 1 по 6 апреля 2014 года и сравнение с фактическими данными;
- оценка точности модели талого стока.

*Уникальность исследовательской работы заключалась в том, что:*

- прогнозная модель показала высокий процент апробации с точностью в 92% на неизученном участке реки Нура, на котором отсутствуют стационарные гидропосты основного русла;
- при вычислении площади заснеженности использованы данные дистанционного зондирования, а именно канала MODIS американского спутника TERRA с полосой захвата 2330 и пространственным разрешением 250-1000 метров;
- для деления объекта исследования на зоны одновременного снеготаяния по высот-

ным отметкам использованы программы GIS-технологий, а именно ArcGIS 10.5 и QGIS;

- использована высокоточная цифровая модель рельефа исследуемой территории.

### Материалы и методы

*Объект исследования:* прогнозная модель талого стока участка реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилищ.

*Исходные данные:* гидропосты Карамурын и Балыкты (данные по стоку – ежесуточному расходу) и метеостанции Бухар-Жырауская (Карагандинский М) и г. Караганда (Караганда М) (данные по средней температуре и осадкам).

*Методы исследования:* статистический анализ данных по объекту исследования и прогнозное моделирование талого стока в программе WinSRM.

### Результаты

Бассейн реки Нура занимает наиболее возвышенную часть Казахского мелкосопочника Сарыарки, которая представляет собой своеобразную, весьма неоднородную в геоморфологическом отношении, сильно приподнятую территорию. На западе к ней примыкает Торгайская ложбина и северо-восток Туранской низменности, на юге – глинистая пустыня Бетпакдала и озеро Балхаш.

Сделан сбор необходимых физико-географических данных и создана цифровая модель рельефа площади исследуемого объекта с использованием программы ArcGIS 10.5.

Моделирование и прогнозирование суточного стока в бассейнах горных районов, где важной составляющей является таяние снега. Имеет место быть модель талого стока Мартинекка, также именуемая как Модель Мартинекка-Ранго. Данная модель разрабатывалась Мартинекком для бассейнов с малой площадью. Но позже данная модель начала иметь применение для более крупных бассейнов после того, как ввели спутниковое дистанционное зондирование по снежному покрову в модель талого стока (Мартинек, 2004: 15).

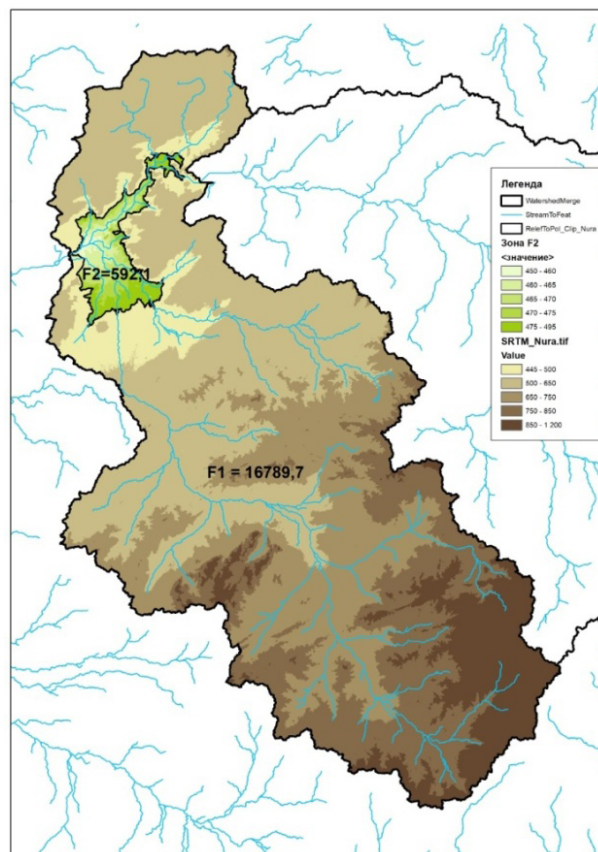
В исследовании была адаптирована модель WinSRM для равнинной территории, т.е. в данные для рассчитанных параметров включили также свойства физико-географических характеристик бассейна реки Нура по равнинной территории и при расчете использовали подробные

данные, также проводили калибровку по коэффициентам регрессии и температурному градиенту.

Для общих исходных данных территория объекта исследования поделена на 2 зоны в связи с тем, что находится в равнинной части и не имеет резких различий по высотным отметкам (рис. 1).

При расчете разницы высотных отметок были взяты максимальная и минимальные высоты по 2 зонам и включены в параметры модели для моделирования.

Был спрогнозирован объем талого стока для русла реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилища.



**Рисунок 1** – ЦМР участка реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилищ. Определение водосборной площади

Площадь русла реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилища для каждой зоны и ее средняя высота (Zone Area and Hypsometric Mean elevation):

$$F_1 = 592,1 \text{ км}^2 \text{ (3,4 \% от общей площади)}$$

и  $h_{cp1} = 472,5 \text{ м}$

$$F_2 = 16789,7 \text{ км}^2 \text{ (96,6 \% от общей площади)}$$

и  $h_{cp2} = 822,5 \text{ м}$

$$\Delta h = 1200 - 195 - 705 \text{ м}$$

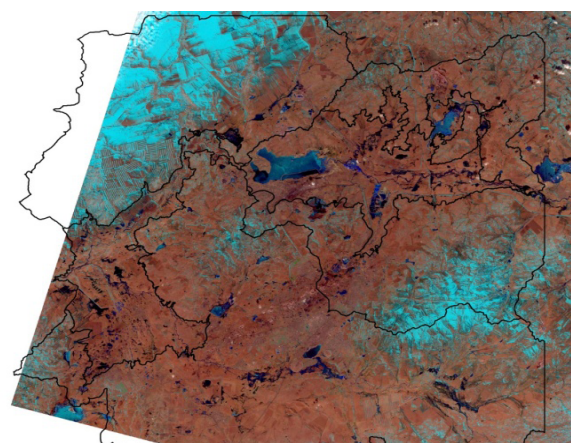
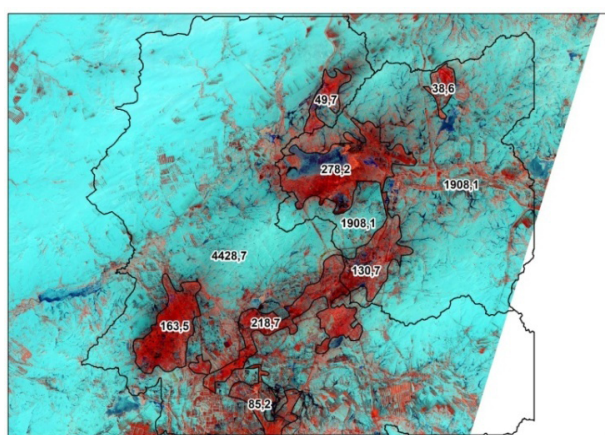
Координаты объекта исследования:

latitude (широта) –  $49^0$   
and longitude (долгота) –  $72^0$

Разница между максимальными (max) высотами по зонам – Reference Elevation (m):

\* Максимальная высота по первой зоне – 605 м,  
по второй зоне – 1500 м.

Также определена площадь заснеженности каждой зоны на основе спутниковых данных (рис. 2).



Снимок на 21 марта 2014 г. Снимок на 30 марта 2014 г.

**Рисунок 2** – Площадь заснеженности каждой зоны, сделанная на основе спутниковых данных участка реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилищ

По рисунку 2 можно проследить процесс снеготаяния и задержки талого стока грунтовыми водами. Подтаявший снег 21 марта 2014 года поступил через подземный сток в

основное русло реки Нура только 1 апреля 2014 года.

Площадь заснеженности на 21 марта 2014 года составила в км<sup>2</sup>.

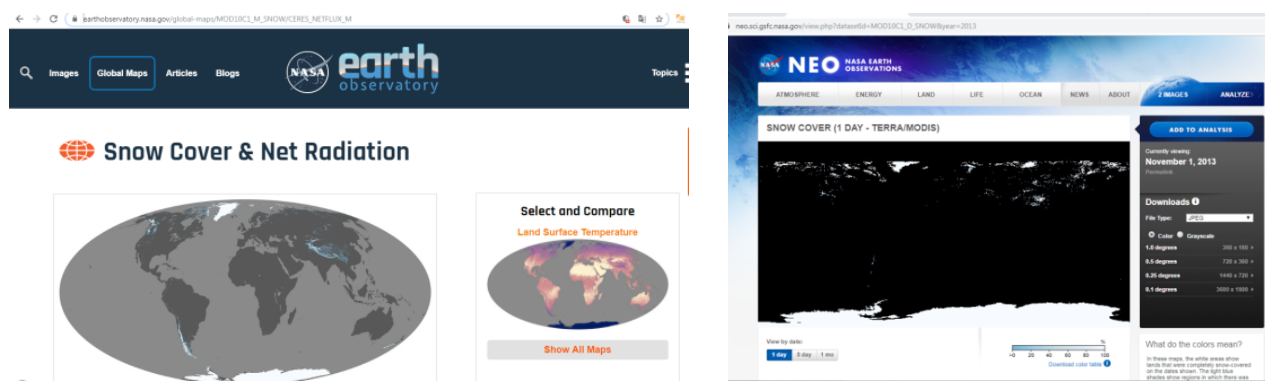
**Таблица 1** – Площадь заснеженности на 21 марта 2014 года, км<sup>2</sup>

	F <sub>1</sub>		F <sub>2</sub>	
	Снег	Земля	Снег	Земля
Русло реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилища	16538	10054	381	335

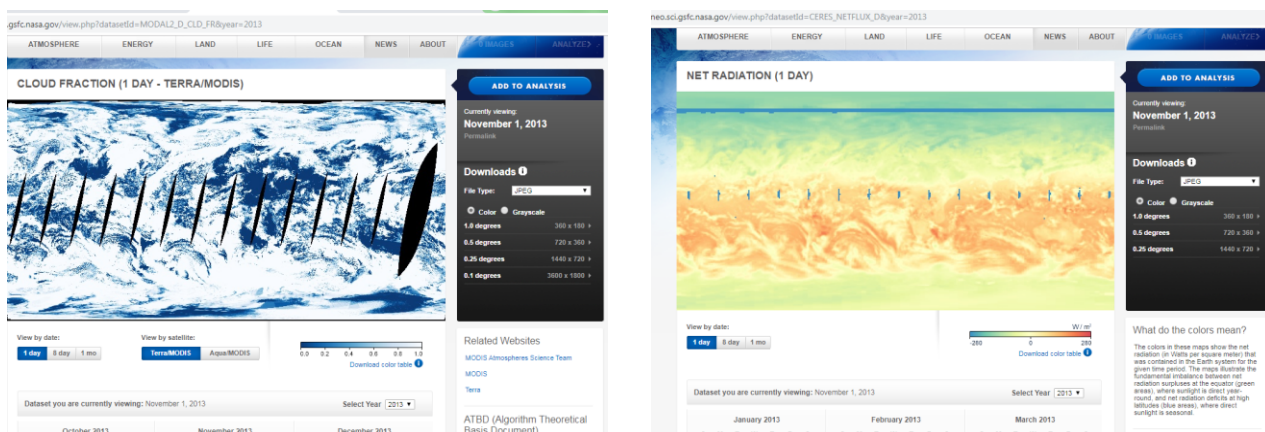
Для сбора и анализа переменных данных по объекту исследования были взяты данные за период с 1 ноября 2013 года по 1 апреля 2014 года по гидропостам Карамурын и Балыкты (по стоку – среднему расходу) и метеостанциям Бухар-Жырауский (Карагандинский М) и г. Караганда (Караганда М) (по средней температуре и осадкам).

Для исследования объекта по переменным параметрам: обхвата снегом территории (в %/100) – CDC и коэффициента солнечной радиации – Net Radiation проанализированы данные космоснимков с сайта NEO NASA EARTH OBSERVATIONS <https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/> и данные по космоснимкам LandSat за период с 1 ноября 2013 года по 1 апреля 2014 года по ежедневным и ежемесячным снимкам (Рис. 3 – 4).





**Рисунок 3** – Интерфейс сайта NEO NASA EARTH OBSERVATIONS <https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/> и интерфейс вкладки по снежному покрову (в %/100) – CDC [https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=MOD10C1\\_D\\_SNOW&year=2013](https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=MOD10C1_D_SNOW&year=2013)



**Рисунок 4** – Интерфейс вкладки по облачности [https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=MODAL2\\_D\\_CLD\\_FR&year=2013](https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=MODAL2_D_CLD_FR&year=2013) и коэффициента солнечной радиации – Net Radiation [https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=CERES\\_NETFLUX\\_D&year=2013](https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=CERES_NETFLUX_D&year=2013)

Для анализа и исследования космоснимков по трем параметрам для каждого дня и месяца выполнена функция анализа.

Результаты вычисления по рассчитанным параметрам для модели программы WinSRM составили:

- средний сток по зонам – Initial Runoff ( $m^3/s$ ) –  $1,97 m^3/c$
- среднее количество осадков по зонам в см – Rainfall Threshold (sm) –  $1,02 \text{ мм} = 0,102 \text{ см}$
- фактор градус-день (коэффициент стаивания снега) – degree day factor =  $0,38$
- критическая температура – critical temperature =  $2^0$
- температурный градиент – temperature lapse rate =  $0,4$
- время добегаания (ч) – log time to gage (hr) =  $20 \text{ ч.}$

- коэффициент стока от снега – runoff coefficients (snow) =  $0,2$
- коэффициент стока от дождя – runoff coefficients (rain) =  $0,18$
- площадь охвата дождем – rainfall contributing area =  $0$
- коэффициент регрессии x – x recession coefficients =  $0,62$
- коэффициент регрессии y – y recession coefficients =  $0,75$ .

Для прогноза объема талого стока исследуемого объекта за период с 1 по 6 апреля 2014 года в программе WinSRM был выполнен алгоритм действий, включающий ввод общих исходных данных, переменных данных за период с 1 ноября 2013 по 1 апреля 2014 и также рассчитанных параметров для модели программы WinSRM.

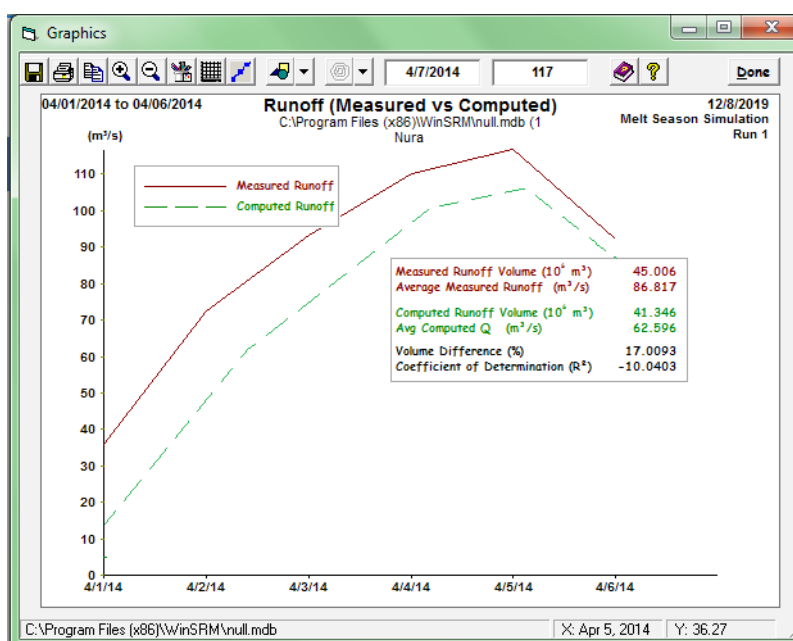
*Результаты работы в программе WinSRM.* Моделирование ежедневного прогноза талого стока русла реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилища с 1 по 6 апреля 2014 года в программе WinSRM показало, ежедневный фактический и смоделированный расход воды (Рис. 5-6, табл. 2).

Для русла реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилища фактический объем талого стока с 1 по 6 апреля 2014 года со-

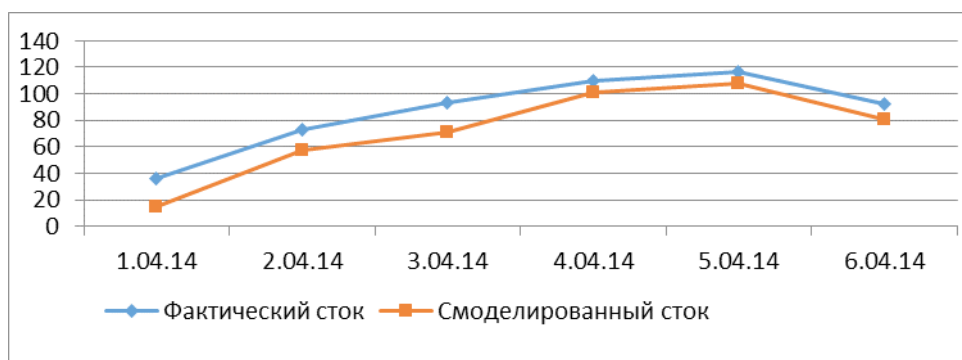
ставил  $45,006 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ , смоделированный объем талого стока –  $41,346 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ . Точность прогноза объема талого стока составила 92%.

Фактический средний расход воды с 1 по 6 апреля 2014 года для русла реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилища составил  $86,817 \text{ м}^3/\text{с}$ , смоделированный средний расход воды равен  $62,596 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Также показаны общие данные по исходным параметрам осадков, средней температуре (рис. 7-8).



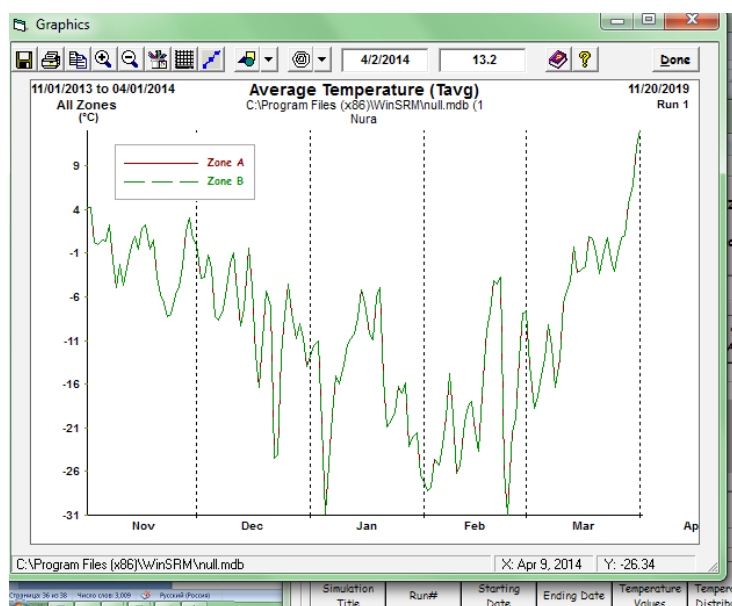
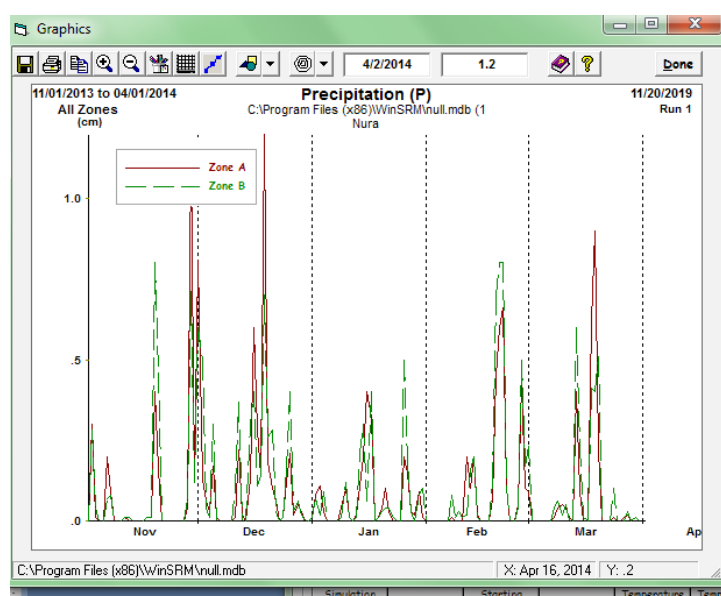
**Рисунок 5** – Фактический и смоделированный объем талого стока и среднего расхода воды с 1.04.14 по 06.04.14 для русла реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилищ



**Рисунок 6** – График фактического и смоделированного ежедневного расхода воды за период с 1.04.14 по 06.04.14 для русла реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилищ

**Таблица 2** – Фактический и смоделированный ежедневный расход воды с 1.04.14 по 06.04.14 для русла реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилищ

Дата	Фактический сток, м <sup>3</sup> /с	Смоделированный сток, м <sup>3</sup> /с	Точность прогноза, %
1.04.2014	36	15,05	41
2.04.2014	72,6	56,54	78
3.04.2014	93	71,48	77
4.04.2014	110	100,68	92
4/5/2014	117	107,64	92
4/6/2014	92,2	81,19	88
<b>Итого W, млн. м</b>	<b>45,006</b>	<b>41,346</b>	<b>92</b>



**Рисунок 7** – Осадки и средняя температура за период с 01.11.13 по 01.04.14

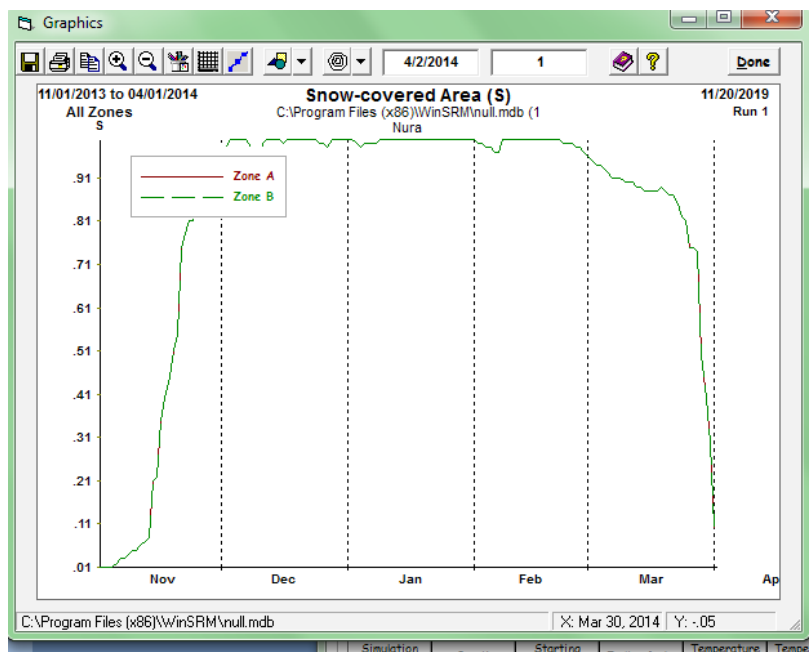


Рисунок 8 – Площадь обхвата снега за период с 01.11.13 по 01.04.14

**Выводы**

Разработанная прогнозная модель талого стока участка реки Нура от Самаркандского до

Интумакского водохранилищ показала значительную точность апробации, 92% за период с 1 апреля 2014 года по 6 апреля 2014 года на неизученном участке реки (рис. 9).

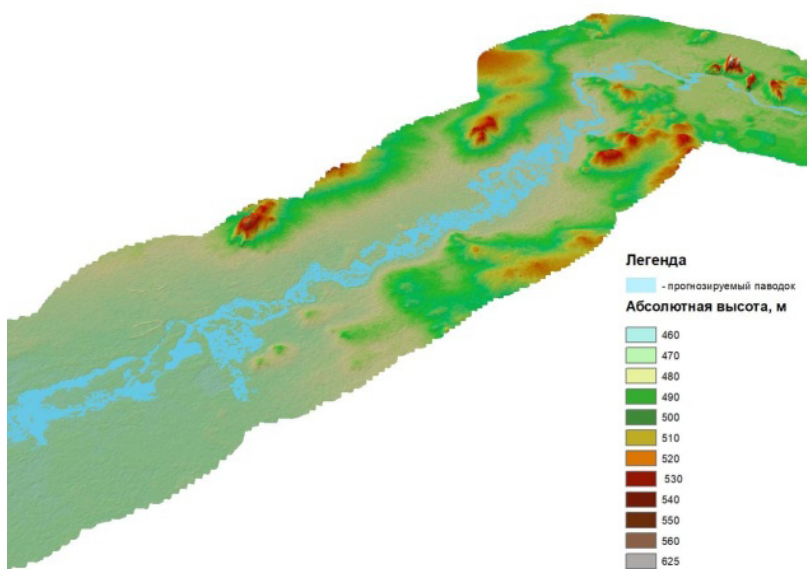


Рисунок 9 – Моделирование паводка объекта исследования на 4 апреля 2014 года



По смоделированным и фактическим данным прослеживается некоторое различие в процентном соотношении точности прогноза. Так, рассматривая даты пика стока, стоит отметить более точные прогнозы, которые в процентном соотношении достигают 92%, самый наименьший процент по точности наблюдается в первый день прогноза и составляет 41%. Но, рассматривая прогноз по общему объему стока по смоделированным и фактическим данным, можно отметить точность в 92%. Это говорит о том, что модель может работать и давать более точные прогнозы при полных данных, соответствующих

расчетах и адаптированности модели под физико-географические характеристики исследуемой территории.

Основным недостатком прогнозной модели в программе WinSRM являлся расчет прогнозных коэффициентов моделирования паводка неавтоматизированным математическим способом, что может сказаться на оперативности и скорости работы.

*Данное исследование было профинансировано Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (BR10965352).*

### Литература

- Dorothy K., George A., Vincent V. (2001) Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) for the MODIS Snow and Sea Ice-Mapping Algorithms, – 5 с.
- Шовенгердт Р.А. (2010) Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. – М.: Техносфера, – 16 с.
- Burakov D.A. (2019) Hydrological systems modeling – Vol. I – Longterm Forecasting of Snowmelt Runoff – ©Encyclopedia of Life Support Systems (eolss) longterm forecasting of snowmelt runoff
- Соснин В.С. (2014) Прогнозирование риска весеннего половодья для предупреждения чрезвычайных ситуаций, связанных с затоплением территории алтайского края. – Барнаул: Известия АО РГО. Вып. 35.
- Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. (1974) Курс гидрологических прогнозов. – Ленинград: Гидрометеиздат – С. 246-247.
- Abbott M. B., Ionescu F. (1967). On the numerical computation of nearly horizontal flows. Journal of Hydraulic Researches, 5 – 97-117.
- Buchele, B., Kreibich, H., Kron, A., Thielen, A., Ihringer, J., Oberle, P., Merz, B., & Nestmann, F. (2006). Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 6, 485–503.
- Danish Hydraulic Institute. (2009). MIKE 11 reference manual, Appendix A, Scientific background, Danish Hydraulic Institute.
- Danish Hydraulic Institute. (2010). MIKE 21 FM HD Reference manual, Danish Hydraulic Institute.
- De Moel H., Van Alphen, J., Aerts, J. C. J. H. (2009). Flood maps in Europe – methods, availability and use. Natural Hazards and Earth System Sciences, 9, 1-13.
- DSI. (2013). Samsun Terme District, Terme River Flood Hazard Map Designation Project. Retrieved from Samsun 7th Regional Directory.
- Genovese E. (2006). A methodological approach to land use-based flood damage assessment in urban areas: Prague case study. European Communities, DG-JRC, Ispra, EUR 22497 EN.
- Galland J.C., Goutal, N., and Hervouet, J. M. (1991). TELEMAC: A new numerical model for solving shallow water equations. Adv. Water Resour., 14, 138–148.
- Van Alphen J. and Van Beek E. (2006). From flood defense to flood management prerequisites for sustainable flood management in floods, from Defense to Management. Van Alphen, J., Van Beek, E., and Taal, M., Taylor and Francis Group (Ed.), London.

### References

- Dorothy K., George A., Vincent V. (2001) Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) for the MODIS Snow and Sea Ice-Mapping Algorithms, – 5.
- Shovengerdt R.A. (2010) Distantionnoye zondirovaniye. Modeli i metody obrabotki izobrazheniy [Remote sensing. Models and methods of image processing]. – Moskva: Tekhnosfera, – 16. (In Russian)
- Burakov D.A. (2019) Hydrological systems modeling – Vol. I – Longterm Forecasting of Snowmelt Runoff – ©Encyclopedia of Life Support Systems (eolss) longterm forecasting of snowmelt runoff.
- Sosnin V.S. (2014) Prognozirovaniye riska vsennego polovod'ya dlya preduprezhdeniya chrezvychaynykh situatsiy, svyazannykh s zatopleniyem territorii altayskogo kraya [Forecasting the risk of flooding in order to prevent emergencies associated with flooding the territory of the Altai Territory]. – Barnaul: Izvestiya AO RGO. Vyp. 35. (In Russian)
- Apollov B.A., Kalinin G.P., Komarov V.D. (1974) Kurs gidrologicheskikh prognozov [Hydrological Forecasting Course]. – Leningrad: Girometeoizdat – 246-247 (In Russian)

Abbott, M. B., Ionescu F. (1967). On the numerical computation of nearly horizontal flows. *Journal of Hydraulic Researches*, 5 – 97-117.

Buchele, B., Kreibich, H., Kron, A., Thielen, A., Ihringer, J., Oberle, P., Merz, B., & Nestmann, F. (2006). Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 6, 485–503.

Danish Hydraulic Institute. (2009). MIKE 11 reference manual, Appendix A, Scientific background, Danish Hydraulic Institute.

Danish Hydraulic Institute. (2010). MIKE 21 FM HD Reference manual, Danish Hydraulic Institute.






De Moel, H., Van Alphen, J., Aerts, J. C. J. H. (2009). Flood maps in Europe – methods, availability and use. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9, 1-13.

DSI. (2013). Samsun Terme District, Terme River Flood Hazard Map Designation Project. Retrived from Samsun 7th Regional Directory.

Genovese, E. (2006). A methodological approach to land use-based flood damage assessment in urban areas: Prague case study. European Communities, DG-JRC, Ispra, EUR 22497 EN.

Galland, J. C., Goutal, N., and Hervouet, J. M. (1991). TELEMAC: A new numerical model for solving shallow water equations. *Adv. Water Resour.*, 14, 138–148.

Van Alphen, J. and Van Beek, E. (2006). From flood defense to flood management prerequisites for sustainable flood management in floods, from Defense to Management. Van Alphen, J., Van Beek, E., and Taal, M., Taylor and Francis Group (Ed.), London.

А.С. Мадібеков\* , Л.Т. Исмуханова , А. Мұсақұлқызы ,  
А.Ө. Жәди , Б.М. Султанбекова , Р.А. Кулбекова 

«География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Қазақстан, Алматы қ.

\*e-mail: madibekov@mail.ru

## ІЛЕ ӨЗЕНІ АТЫРАУЫ АУМАҒЫНЫҢ ҚАР ЖАМЫЛҒЫСЫНЫҢ НЕГІЗГІ ФИЗИКАЛЫҚ-ХИМИЯЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІ

Бұл жұмыста алғаш рет Іле өзені атырауының аумағы үшін олардың химиялық құрамы негізінде қар жамылғысының параметрлеріне физика-химиялық баға берілді. Қар жамылғысының физикалық-химиялық қасиеттері оның түсусәтінен бастап, ауа температурасының, ылғалдылықтың, өзіндік салмағының, желдің, күн радиациясының, сондай-ақ техногендік әсерден үнемі өзгеріп отырады. Қар жамылғысында ластаушы заттардың жиналуына гидрометеорологиялық жағдайлар мен орографиялық орналасу ерекшеліктері маңызды рөл атқарады. Химиялық талдаулар келесі параметрлерге жүргізілді: рН, перманганаттың тотығуы бойынша органикалық заттар, қалқыма заттар және минерализация. Қар жамылғысының физика-химиялық параметрлерін бағалаудың алдын ала нәтижелері бойынша, орталық белдеудегі қар жамылғысы қатты бөлшектер мен минерализацияның максималды құрамымен сипатталатын кейбір ластанулары анықталды.

Қар жамылғысының қышқылдығы (рН) 6,1-ден 8,0-ге дейін, ал аумақ бойынша орташа 6,9 (бейтарап) болды. Қардағы қалқыма заттардың мөлшері 12-ден 80 мг/дм<sup>3</sup>-ге дейін, ал органикалық заттар 1,60-тан 11,52 мг/дм<sup>3</sup>-ге дейін өзгерді. Қар жамылғысының минералдануының мәні 135-731 мг/дм<sup>3</sup> аралығында болды. Қарастырылған параметрлердің жоғары мәндері 25 нүктеге тән болды, яғни Іле өзенінің атырауы аумағының орталық бөлігі. Жоғары мәндер қатты бөлшектердің максималды құрамымен және қар жамылғысының минералдануымен сипатталатын атмосфераның ластануына байланысты, бұл суық мезгілде жинақталған ластаушы заттардың деңгейі туралы түсінік береді.

**Түйін сөздер:** қар жамылғысы, қышқылдығы, қалқыма заттары, органикалық заттар, ионды-тұзды құрамы, минерализация, ластану.

A. Madibekov\*, L. Ismukhanova, A. Mussakulkyzy,  
A. Zhadi, B. Sultanbekova, R. Kulbekova

JSC «Institute of Geography and water Security», Kazakhstan, Almaty,  
\*e-mail: madibekov@mail.ru

### Basic physical and chemical parameters of snow cover the territory of the Ile river delta

In this work, for the first time, a physicochemical assessment of the parameters of snow cover based on their chemical composition for the territory of the Ile River delta is given. The physicochemical properties of the snow cover from the moment of its occurrence under the influence of air temperature, humidity, own weight, wind, solar radiation, as well as technogenic impact are constantly changing. Hydro-meteorological conditions and orographic features of the location play a significant role, contributing to the accumulation of pollutants in the snow cover. Chemical analyzes were performed for the following parameters: pH, organic substances by permanganate oxidizability, suspended matter and mineralization. According to the preliminary results of the assessment of the physicochemical parameters of the snow cover, some pollution was found in the central zone, which are characterized by the maximum content of solid particles and the mineralization of the snow cover.

The acidity (pH) of the snow cover ranged from 6.1 to 8.0, and the average for the territory was 6.9 (neutral). The content of suspended solids in the snow varied from 12 to 80 mg/dm<sup>3</sup>, and organic matter from 1.60 to 11.52 mg/dm<sup>3</sup>. The values of the mineralization of the snow cover were in the range of 135-731 mg/dm<sup>3</sup>. High values of the considered parameters were typical for point 25, i.e. the central part of the territory of the Ile river delta. The high values are due to air pollution, characterized by the maximum content of solid particles and the mineralization of the snow cover, which gives an idea of the level of pollutants accumulated during the cold period.

**Key words:** snow cover, acidity, suspended matter, organic matter, ion-salt composition, mineralization, pollution.

А.С. Мадібеков\*, А.Т. Исмуханова, А. Мұсақұлқызы,  
А.Ө. Жәди, Б.М. Султанбекова, Р.А. Құлбекова

АО «Институт географии и водной безопасности», Казахстан, г. Алматы,

\*e-mail: madibekov@mail.ru

### Основные физико-химические параметры снежного покрова территории дельты реки Иле

В данной работе впервые дана физико-химическая оценка параметров снежного покрова на основе их химического состава для территории дельты реки Иле. Физико-химические свойства снежного покрова с момента его залегания под влиянием температуры воздуха, влажности, собственного веса, ветра, солнечной радиации, а также техногенного воздействия непрерывно меняются. Значительную роль играют гидрометеорологические условия и орографические особенности местоположения, которые способствуют накоплению загрязняющих веществ в снежном покрове. Химические анализы выполнены на следующие параметры: рН, органические вещества по перманганатной окисляемости, взвешенные вещества и минерализация. По предварительным результатам оценки физико-химических параметров снежного покрова обнаружены некоторые загрязнения в центральной зоне, которые характеризуются максимальным содержанием твердых частиц и минерализацией снежного покрова.

Кислотность (рН) снежного покрова была в пределах от 6,1 до 8,0, а в среднем по территории 6,9 (нейтральные). Содержание взвешенных веществ в снежном покрове варьировало от 12 до 80 мг/дм<sup>2</sup>, а органических веществ – от 1,60 до 11,52 мг/дм<sup>3</sup>. Значения минерализации снежного покрова находились в интервале 135-731 мг/дм<sup>3</sup>. Высокие значения рассматриваемых параметров были характерны для точки 25, т.е. центральной части дельты реки Иле. Высокие значения обусловлены загрязнением атмосферы воздуха, характеризующимся максимальным содержанием твердых частиц и минерализацией снежного покрова, что дает представление о накопленном за холодный период уровне загрязняющих веществ.

**Ключевые слова:** снежный покров, кислотность, взвешенные вещества, органические вещества, ионно-солевой состав, минерализация, загрязнение.

### Кіріспе

Сорбциялық қабілеті жоғары қар жамылғысы тек атмосфералық жауын-шашынның ғана емес, сонымен бірге атмосфералық ауаның техногендік ластануын, сондай-ақ су мен топырақтың кейінгі ластануын анықтайтын ақпараттандырылған нысан болып табылады. Еуропа елдерінде қар жамылғысы бірнеше ондаған жылдар бойы атмосфераға ластаушы заттардың шөгудің индикаторы ретінде қолданылып келді (Engelhard C., 2007: 286; Kozłowski R., 2012: 71; Siudek P., 2015:225; Stachnik Ł., 2010: 389).

Қарда болатын геохимиялық ауытқулар атмосфераның экологиялық жағдайын, жер бетінде болып жатқан өзгерістердің динамикасына табиғи, табиғи-антропогендік және антропогендік әсерін көрсетеді. Қар белгілі бір кезеңдегі антропогендік ластану аймағын көрсете отырып, күшті антропогендік жүктемесі бар аумақтың ауа бассейндерінің ластануын бағалау кезінде жанама әдіс ретінде қызмет етіп, техногендік ауытқулар процестерін бағалауға мүмкіндік береді (Rybalko A., 2018: 135; Трофимов В.Т., 2006: 718).

Әдеби дереккөздерде (Махонько Э.П., 1976: 109; Мадібеков А.С., 2017: 295; Nawrot А.Р.,

2016: 1; Феленберг Г., 1997), авторлар желдің жылдамдығы, атмосфералық ауаның ылғалдылығы және т.б. сияқты климаттық факторлардың әсерінен токсиканттардың ылғалды және құрғақ жауын-шашынының нәтижелерінде қар жамылғысының ластануы пайда болатыны айтылған. Негізгі фактор қар бөлшектерінің мөлшері және олардың көтерілу биіктігі. Әсіресе қардың үлкен мөлшердегі бөлшектері әдетте, алғашқы сағаттарда немесе бір тәулік жауады, бірақ олардың мөлшеріне қарамастан, егер олар жеткілікті биіктікте болса, алыс қашықтыққа тасымалдануы мүмкін.

Осылайша, қардың химиялық құрамын зерттеу табиғи ортаның ластануына әкелетін адамның іс-әрекетіне байланысты қажет болады. Атмосфералық жауын-шашынның химиялық құрамын, оның ішінде шетелде қар жамылғысын зерттеу саласындағы маңызды жұмыстар жасалды (Sherrell R.M., 2000: 1002; Salo H., 2016: 128; Pilecka J., 2017: 173), олар жауын-шашынның химиялық құрамының ролін зерттейді және табиғи ортаның ластану деңгейлері туралы жалпы түсінік береді. Қалқыма бөлшектер мен токсиканттардың концентрациясы жаңадан жауған қарға қарағанда, біраз уақыт жатқан қарда әлдеқайда жоғары екенін атап өткен жөн.

Демек, қар бұл техногендік әсер ету нәтижесінде ластаушы заттардың табиғи қоймасы деп айтуға болады, өйткені улы заттар атмосфералық ауаға қарағанда қарда көп жиналады. Сонымен қатар, қардың химиялық құрамын зерттеу ластаушы заттардың кеңістіктік таралуын және зерттеу үшін кең аумақты ластау қарқындылығын бағалауға мүмкіндік береді.

### **Тақырыпты таңдауды дәйектеу және мақсаты мен міндеттері**

Іле өзені атырауының аумағы – Орталық Азиядағы ең ірі табиғи ішкі атырау, оның жалпы ауданы 20 мың км<sup>2</sup>-ге жетеді, оның қазіргі атырауы шамамен 8 мың км<sup>2</sup> алып жатыр, қалғаны – бірнеше арналардан – бақанастан құралған ежелгі атырау. Атырау аумағы Рамсар конвенциясының халықаралық маңызы бар сулы-батпақты жерлер тізіміне енгізілген. 2018 жылы Үкіметтің қаулысына сәйкес Іле өзенінің атырауы аумағында Іле-Балқаш мемлекеттік табиғи қорығы («Іле-Балқаш» МТР) құрылды және қорық режимі енгізілгеннен кейін экологиялық реставрациясы бойынша баламасы жоқ бірегей нысан болып табылады (Государственный природный резерват «Иле-Балхаш», 2018).

Зерттеу нысаны – Іле өзенінің атырауы мен Іле-Балқаш МТР аумағы Алматы облысы, Балқаш ауданында Балқаш көлінің оңтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан. Өзен атырауының зерттелетін аумағы шамамен 25177,62 км<sup>2</sup> құрайды, оның ішінде резерваттың ауданы 4151,642 км<sup>2</sup> құрайды, ол екі учаскеден тұрады – «Прибалкашский» (ауданы 3562,962 км<sup>2</sup>) және «Іле өзенінің атырауы» (ауданы 588,68 км<sup>2</sup>) (Современное экологическое состояние... / Под ред. Т.К. Кудекова, 2002: 388).

Өзінің ерекше байлығы мен әлеуетімен бұл аймақ көптеген әлеуметтік, экономикалық және экологиялық проблемаларды бастан кешіреді, өзгермелі және антропогендік әсерге өте осал (Королева Е.Г., 2019: 61). Проблемалар кешенінің ішінде Балқаш металлургия комбинатының зиянды шығарындылары ерекше орын алады, шығарындылардың ұлғаюына байланысты атырау аумағының ластануы да өсті, өйткені жоғарыда аталған кәсіпорындардан атмосфераға түсетін ластаушы заттар алыс қашықтықтарға таралады.

Әлемдік шөлейттену және деградациялану (Сырдария, Амудария, Шу өзендерінің атыраулары және т.б.) аясында қазіргі Іле өзенінің атырауының аумағы Орта Азиядағы жалғыз

сақталған өзен атырауы болып табылады. Бірақ, зерттелетін аймақтың экожүйесіне техногендік қысым жағдайында табиғатқа антропогендік әсер ету туралы объективті ақпарат қажет.

Осыған байланысты атмосфераның химиялық құрамын көрсететін, табиғи және ластаушы компоненттерді қамтитын атмосфералық жауын-шашынның химиялық құрамын зерттеуді ауа сапасының индикаторы ретінде пайдалануға болады. Атмосфералық ауаның ластануын бақылау кезінде табиғи планшеттер деп аталады, олар техногендік ластанудың тұндыру ортасы ретінде қар жамылғысын қарастырады (Engelhard C., 2007: 286; Dong Zh., 2017: 1140; Kozłowski R., 2012: 71; Baysal A., 2017: 275) және топыраққа түсетін жаңбырдан айырмашылығы, қар топырақ бетінде ұзақ уақыт сақталады, осылайша бір жылдың қарлы кезеңінде барлық атмосфералық жауын-шашынды қамтиды.

Іле өзені атырауының және резерваттың аумағындағы қардың химиялық құрамы сипаттамаларының сандық және сапалық көрсеткіштерін зерттеу алғаш рет зерттелуде. Қазіргі уақытта ластаушы заттардың жинақталуы атмосфералық ауаның ластануының интегралды көрсеткіштерінің бірі болып саналады, ал қардың химиялық құрамы бойынша ластағыштардың миграциялық бағыты мен құрамын анықтауға болады. Осы тұрғыдан алғанда, қар жамылғысы ретінде жинақтаушы орталар атмосфералық-техногендік ластануды мониторингілеу үшін ба-сым объектілердің бірі болып табылады.

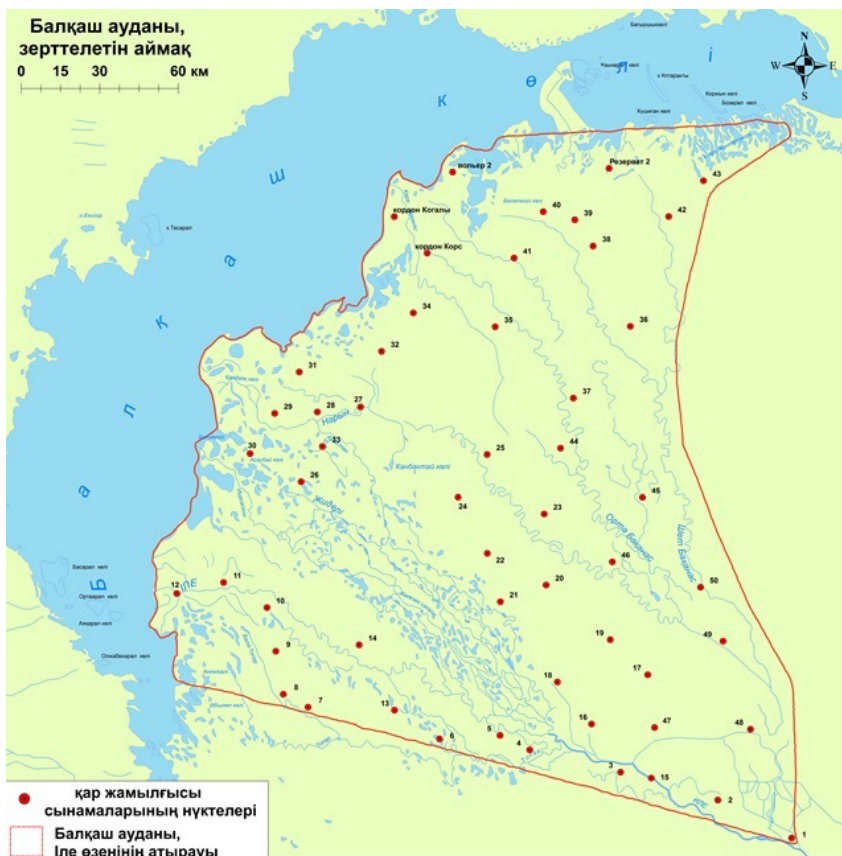
### **Ғылыми зерттеу әдіснамасы**

Экспедициялық зерттеулер кезінде қар сынамаларын алу жалпы қабылданған әдістемеге (Руководство по контролю загрязнения атмосферы, 1991: 693) сәйкес белгіленген нүктелерде жүргізілді. Далалық зерттеу жұмыстары 2021 жылғы 19 наурыз бен 17 сәуір аралығында белгіленген нүктелерде орындалды. Іле өзені атырауының іргелес аумағы және «Іле-Балқаш» МТР аумағы алдын ала тең квадраттарға (≈120 км<sup>2</sup>) бөлініп, нөмірленгенін (50 нүкте) атап өту қажет (1-суретті қараңыз).

Дала жұмыстары барысында сынамалар резерват аумағындағы төрт нүктемен толықтырылды, дәлірек айтқанда, Дүниежүзілік жабайы табиғат қорының (WWF) тұран жолбарысын бұрынғы мекендеу орындарында реинтродукциялау бағдарламасы бойынша, құландар мен қаракүйрықтарға арналған вольерлерде, табиғаттағы биологиялық әртүрлілік пен

теңгерімді құтқаруға бағытталған. Бірақ, дала-лық жұмыстардың кешірек басталуымен және қарқынды қар еруімен сәйкес келуіне байланысты, қар сынамаларын тек 13 нүктеден

алуға, яғни 13 шаршыны қамту ғана мүмкін болды, дегенмен бұл зерттелетін аумақтағы қардың химиялық құрамын интерполяциялау үшін жеткілікті (1-суретті қараңыз).



1-сурет – Қар сынамаларын алу нүктелерінің сызбасы

Физика-химиялық параметрлерді зерттеу үшін сынамалар ашық тегіс алаңда алынды, қар өлшеу бағыты бойынша қардың тығыздығы мен ылғалдылық қорын өлшеу қатар жүргізілді. Қар сынамаларын іріктеу полиэтилен қаптарға 1x1 м<sup>2</sup> алаңда топырақ үстіндегі 5 см қабатты қоспағанда, қар жамылғысының барлық қуатына шурф әдісімен жүргізілді. Шурфтың өлшемдері атмосферадан түсетін шөгінділер болжанатын ауданды есептеу үшін ұзындық пен ен бойынша өлшенді.

Әдістеме бойынша, сынамаларды алу кезінде, оларды сақтау және зертханаға тасымалдау кезінде сынамаға бөгде заттардың түсуіне жол берілмейді. Шөгінділерде еріген заттардың мөлшері аз болғандықтан және 1 дм<sup>3</sup> суда миллиграмның немесе тіпті миллиграмның фракцияларымен өлшенетіндіктен, сынамаларды алу,

сақтау және талдау шарттарын қатаң сақтау қажет. Зертханаға жеткізілген сынамалар өңдеуге дейін –5 ... –15 °С температурада сақталды. Қарды еріту үшін үлгіні түнде алдын ала дайындалған ыдыстарға салынды. Шөгінді сынаманы әрі қарай химиялық-токсикологиялық талдау жасау үшін ақ ленталы қағаз сүзгіден өткізілді.

Қар жамылғысының физика-химиялық көрсеткіштерін талдау қазіргі заманғы жалпы қабылданған әдістемелік нұсқауларға сәйкес жүргізілді. Қар ерігеннен кейін алынған судан бірден рН, органикалық заттар, қалқыма заттардың мөлшері және минерализация анықталды. рН анықтау үшін рН/ЕС/TDS/ Ні9811-5 («Nanna» фирмасының) температуралық портативті өлшегіші қолданылады. Органикалық заттар перманганат әдісімен (Кубель әдісі),

қышқыл ортада күкірт қышқылын қосу арқылы (1:3); қалқыма заттардың мөлшері DR3900 спектрофотометрінде (Nash фирмасының) анықталды. Қар суының тұздылығы негізгі иондардың ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}+\text{K}^{+}$ ,  $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{HCO}_3^{-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) қосындысымен, титриметриялық әдіспен анықталды.

Барлығы 13 сынама жиналып, талданды, 13 өлшеу және 117 химиялық талдау орындалды.

### Нәтижелері және талқылама

Қардың физикалық-химиялық қасиеттері ауа температурасының, ылғалдылықтың, өзіндік салмақтың, желдің қысымының, күн радиациясының, сондай-ақ техногендік әсердің пайда болған сәтінен бастап үнемі өзгеріп отырады және тұрақты болмайды. Антропогендік жүктемені бағалаудағы маңызды компоненттердің бірі қышқылдық, қалқыма және органикалық заттар, тұздардың мөлшері болып табылады.

Қар жамылғысының қышқылдығы (рН) 6,1-ден 8,0-ге дейін, аумақ бойынша орташа 6,9 (бейтарап) болды. Іле өзенінің атырауына іргелес аумақты интерполяциялау кезінде қар жамылғысының қышқылдығының жоғары көрсеткіштері зерттелетін аумақтың оңтүстік-шығыс және шығыс бөлігінде орналасқан (рН 7,8-8,0) 1 және 25 нүктесінде айқын көрінеді. Солтүстік бөлігінен оңтүстік және оңтүстік-батыс бөлігіне дейін орналасқан 2, 6, 18, 40 және 47 нүктелерде рН мәні 6,7-ден 7,6-ға дейін өзгерді. рН бейтарап ортасы зерттелетін аумақтың батыс және солтүстік-батыс бөлігінде және қышқылмен ластануға аз бейім.

Аумақтың шығыс бөлігі аздап қышқылдылықпен сипатталады (2-сурет), шамамен Қарағанды облысында орналасқан өнеркәсіптік кәсіпорындардан ластаушы заттардың алыс қашықтыққа тасымалдануына байланысты болуы ықтимал, өйткені зерттелетін аймақтың өзінде техногендік ластану көздері жоқ.

Келесі (Еремина И.Д., 2010:55; Dossi С., 2007:649; Siudek P., 2011: 484; Jarzyna K., 2017:1591) жұмыстардан белгілі болғандай, қардағы рН мәні атмосферадан түскен қатты бөлшектерге ғана байланысты емес, сонымен қатар күкірт пен азоттың газ тәрізді ластаушы қосылыстарының түсуіне байланысты, олар қар ерігеннен кейін топыраққа әсер етеді, қышқылданады немесе сілтіленеді.

Жалпы, зерттелетін аумақты қардың қышқылдығы тұрғысынан қарастырсақ, антропогендік әсерге аса ұшырамайды, яғни қышқылдану процестері жоқ, бұл аэрозоль бөлшектерін алысқа тасымалдау жылдамдығымен байланысты болуы мүмкін.

Қалқыма және органикалық заттар. Қар жамылғысы сапасының маңызды көрсеткіштерінің бірі – қалқыма заттардың мөлшері.

Қардағы қалқыма заттар негізінен автокөлік шығарындыларының мөлшеріне байланысты, сондықтан кез келген жол бөліктерін, әсіресе ірі автожолдарды қардың химиялық құрамына айтарлықтай әсер ететін ластанудың тәуелсіз және күшті көзіне жатқызу керек.

Қар сынамаларындағы қалқыма заттардың құрамы үлкен диапазонда 12,0-ден 731 мг/дм<sup>3</sup> дейін ауытқиды (3-сурет). Жалпы, қардағы қалқыма заттар 12-ден 80 мг/дм<sup>3</sup>-ге дейін ауытқиды, ал олардың ең жоғары мәндері зерттелетін аумақтың орталық бөлігінде 112-ден 731 мг/дм<sup>3</sup>-ге дейін және Бақанас ауылындағы 1-нүктеде 123 мг/дм<sup>3</sup>-ге дейін тіркелген.

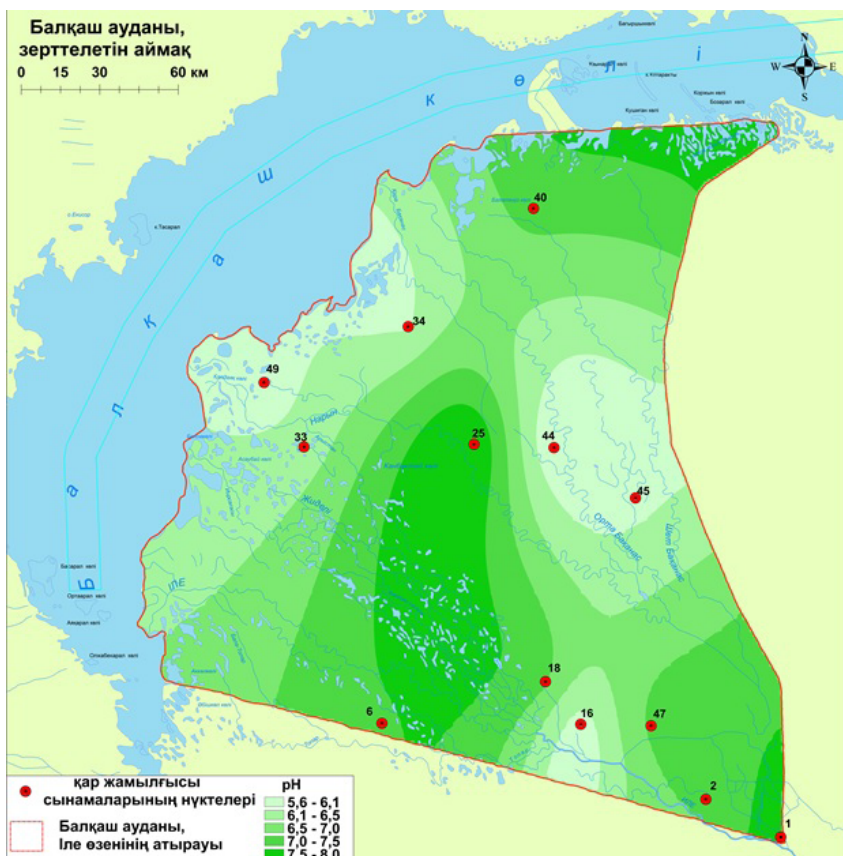
Қалқыма заттардың құрамының жоғары мәндері 295-731 мг/дм<sup>3</sup> дейін жетеді (3-сурет) және ауа атмосферасының ластануына байланысты, бұл өз кезегінде қалқыма бөлшектердің максималды құрамымен және қар жамылғысының минералдануымен түсіндіріледі. Кеңістіктік таралуда қалқыма заттардың жоғары мәндері Бақанас-Қарой автомобиль жолының бойында және жақын маңдағы шағын елді мекендерде орналасқан нүктелерге тән.

Қалқыма заттардың төмен мәндері «Іле-Балқаш» МТР аумағына, әсіресе оның кластерлік учаскелеріне, сондай-ақ зерттелетін аумақтың шығыс, оңтүстік-шығыс бөлігіне тән және 32,0 мг/дм<sup>3</sup> дейін жетеді.

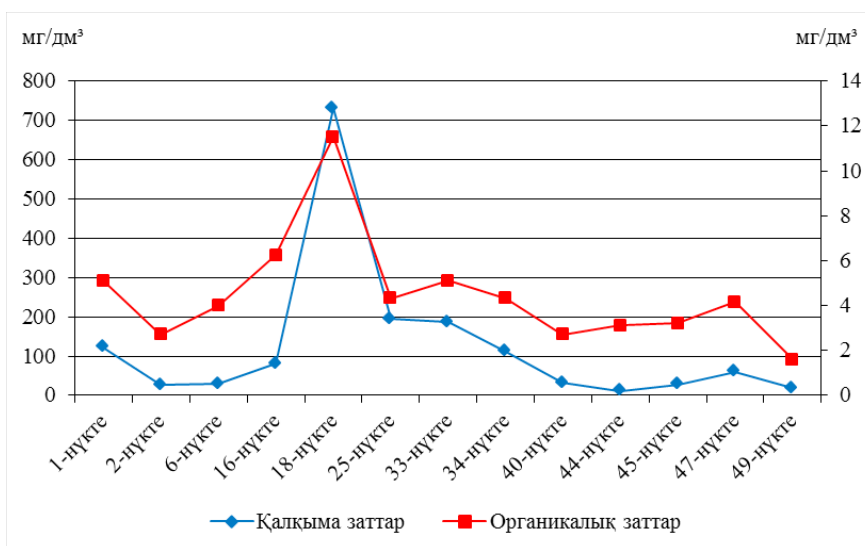
Қардағы органикалық заттардың құрамында осы аумақтық сипат байқалады, яғни қардағы қалқыма заттардың ұлғаюымен органикалық заттар 1,60-тан 11,52 мг/дм<sup>3</sup>-ге дейін ұлғаяды. Зерттелетін аумақтың шығыс бөлігі антропогендік ластануға азырақ бейім, ал орталық аймақта бұл мәндер орта есеппен 6,32 мг/дм<sup>3</sup> дейін ұлғайған.

Қалқыма және органикалық заттардың мұндай кеңістіктік таралуы атмосфералық ауадағы органикалық қосылыстардың бөлшектеріне, күйіне және қатты аэрозоль бөлшектеріне байланысты.





2-сурет – Қар жамылғысындағы рН



3-сурет – Қардағы қалқыма және органикалық заттардың мәндері

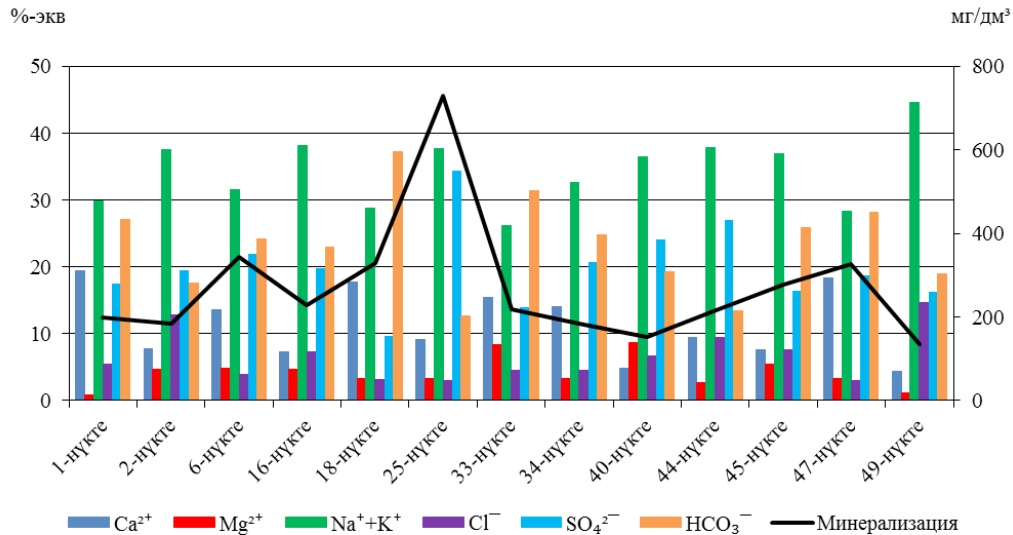
Егер қар жамылғысының жағдайын қалқыма және органикалық заттар бойынша бағалайтын болсақ, онда олардың орташа құрамы аумаққа тиісінше 126 және 4,47 мг/дм<sup>3</sup>. Бұл

көрсеткіштер құрамының жоғары мәндері ауа атмосферасының ластануына байланысты, себебі қатты бөлшектердің максималды құрамы және қар жамылғысының минералдануымен си-

патталады, бұл қар жамылғысының химиялық құрамының өзгеруіне айтарлықтай әсер етеді.

Қар жамылғысының минерализация мөлшері еріген қар суларының минералдану деңгейін анықтайды және біз талдау кезінде анықталған

барлық негізгі иондардың қосындысы ретінде есептейміз. Іле өзенінің атырауы және оның ішінде «Іле-Балқаш» МТР аумағы бойынша қар жамылғысының минерализация мәні 135-731 мг/дм<sup>3</sup> аралықта болды (4-сурет).



4-сурет – Қар жамылғысының минерализация мәндері және негізгі иондар құрамы-%

Елеулі мәндер 25 нүктеге тән болды – 731 мг/дм<sup>3</sup>, сонымен қатар зерттелетін аумақтың орталық бөлігіндегі рН пен жалпы кермектіліктің жоғары деңгейіне сәйкес келеді.

Минерализация мәнінің таралу сипатында бүкіл аумақ үшін жалпы заңдылық байқалады, сынамалардың 92%-нан астамында минералдану шамасы 135-тен 345 мг/дм<sup>3</sup>-ге дейін, ал 700 мг/дм<sup>3</sup> астам шамалар тек бір жағдайда кездеседі.

«Іле-Балқаш» МТР аумағының қар жамылғысының минерализациясы (33, 34 және 40 – нүктелер) орта есеппен 129 мг/дм<sup>3</sup> құрады. Жалпы зерттелетін аумақ минерализацияның жоғарғы мәндерімен сипатталады, бұл суық кезеңде жинақталған ластаушы заттардың деңгейі туралы түсінік береді.

4-суретте көрсетілгендей қар жамылғысының иондық құрамы аралас типте, бірақ негізгі иондардың қатынасында гидрокарбонат (70 %) және натрий-калий иондары басым болады (100%). (Алекин О.А., 1970: 442) негізгі жұмысында, гидрокарбонат иондары табиғи сулардың иондық құрамының маңызды бөлігін құрайды деп айтылған. Зерттелетін аумақтың орталық бө-

лігі сульфат класымен 16,3-тен 21,9 %-экв қатынасында, натрий-калий катиондарының басымдылығымен ерекшелінеді.

Е.А. Белова (2013:9) атап өткендей, қарда сульфат иондарының басым болуы тартылу күшінің әсерінен ауадан шаңмен бірге күкірт диоксиді аэрозольдерінің шөгуінен, сондай-ақ топырақтың тұз бөлшектерімен желденуінен болады. 76-дан 326 мг/дм<sup>3</sup>-ге дейінгі SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> мәні антропогендік және табиғи көздерден алыс тасымалдану нәтижесінде үлкен аудандарда күкірт қосылыстарының шашырауына байланысты әлсіз ластануды көрсетеді.

Қардағы HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> концентрациясының көбеюі, атмосферадағы CO<sub>2</sub> концентрациясымен анықталады, ал ауада гидрокарбонат иондары концентрациясының жоғарылауы көмірқышқыл газының, ең алдымен, антропогендік шығарындыларының көбеюін көрсетеді.

Осылайша, зерттелетін аумақтың ауасының күкірт оксидімен жалпы төмен ластануы және атмосфераға көп мөлшерде шаңның түсуі шаң құрамындағы техногендік карбонаттардың еруіне байланысты гидрокарбонат иондарының көбеюіне әкеледі деп айтуға болады.

3 және 4-суреттерден көрініп тұрғандай, қарда қалқыма және органикалық заттардың құрамында және оның минералдануында бірдей сипат байқалады. Бұл зерттелетін аумақтың атмосфералық ауасының күкірт оксидімен жалпы ластануын және атмосфераға көп мөлшерде шаңның түсуін көрсетеді, бұл аэрозоль бөлшектеріндегі техногендік карбонаттардың еруіне байланысты бикарбонат иондарының көбеюіне әкеледі.

С.Ж. Асылбекова (2011:7) жұмысында, атмосфералық ауадан ылғалды және құрғақ шөгінділердің жинақталуы бойынша жүргізілген зерттеулер «Балқашцветмет» ӨБ шығарындыларының көлемі мен сапасын сипаттайды, олардың жылдық саны 738,5 мың т (2005 ж.), қатты фракциялардың үлесі 13,4 мың т немесе шығарындылардың жалпы массасының 1,8 %-ын құрайды.

Ластаушы заттардың таралу ореолдарының жалпы кескіні, жел өрнегіне және көлдің үстінен түтіннің өту жиелігіне сәйкес орташа көп жылдық жалпыдан 59 % құрайды. Демек, «Балқаштүстімет» ӨБ ауа шығарындыларының осындай мөлшері көлдің үстінен өтіп, ішінара оның бетіне тұнып, ластаушы заттардың шығарылу көзінен оңтүстік-батысқа қарай 73 км-ге созылып жатыр.

### Тұжырымдар

Жұмысты қорытындылай келе, келесідей тұжырым жасауға болады:

- қар жамылғысының қышқылдығы (рН) 6,1-ден 8,0-ге дейін, ал орта есеппен 6,9 (бейтарап);

- қарда қалқыма заттардың құрамы 12-ден 80 мг/дм<sup>3</sup>-ге дейін, ал органикалық заттар 1,60-тан 11,52 мг/дм<sup>3</sup>-ге дейін ауытқиды;

- қар жамылғысының минералдану мәні 135-731 мг/дм<sup>3</sup> аралығында болды;

- қарастырылып отырған параметрлердің жоғары мәндері 25-нүктеге, яғни Іле өзені атырауының орталық бөлігіне тән болды.

Ауа атмосферасының ластануына байланысты жоғарғы мәндер, қатты бөлшектердің максималды құрамымен және қар жамылғысының минералдануымен сипатталады, бұл суық кезеңде жинақталған ластаушы заттардың деңгейі туралы түсінік береді. Қар жамылғысының иондық құрамы гидрокарбонат иондары (70%) және натрий-калий иондары (100%) басым болатын аралас типті. Қардағы НСО<sub>3</sub><sup>-</sup> жоғары мәндері атмосферадағы СО<sub>2</sub> концентрациясымен анықталады, бұл антропогендік ықтимал есебінен атмосфераға көп мөлшерде шаңның түсуіне байланысты ауаға көмірқышқыл газы шығарылуының жоғарылауын көрсетеді.

### Алғыс

Жұмыс Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің қаржылық қолдауымен №АР09260361 «Іле өзені атырауының және «Іле-Балқаш» мемлекеттік табиғи қорығының аумағында сақтау ортасының геоэкологиялық мониторингі» гранттық жоба шеңберінде орындалды.

### Әдебиеттер

Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 442 с.

Алексеев В.Р. Снежный покров как индикатор кумулятивного загрязнения земель // Лёд и Снег. – 2013. – № 1(121). – С. 127-140.

Асылбекова С.Ж., Исбеков К.Б., Лопарева Т.Я., Анурьева А.Н. Влияние воздушных выбросов промышленного комплекса ПО «Балхашцветмет» // Вестник АГТУ. Серия рыбное хозяйство. – 2011. – № 1. – С. 7-14.

Белова Е.А., Ковальчук Н.В. Оценка загрязненности снежного покрова города Гродно // Живые и биокосные системы. – Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону), 2013. – № 3. – С. 9-18. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24883088>

Государственный природный резерват «Иле-Балхаш» Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан: Постановление Правительства Республики Казахстан от 27 июня 2018 года. – 2018. – № 381. [Электронный ресурс]. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1800000381>

Еремينا И.Д., Григорьев А.В. Кислотность и химический состав снежного покрова в Москве и Подмоскowie за период 1999-2006 гг. // Вестн. Моск. ун-та. Сер.географ. – 2010. – № 3. – С. 55-60.

Королева Е.Г., Дикарева Т.В., Дикарев В.А. Оценка природно-обусловленных опасностей в природном резервате «Иле-Балхаш» (Казахстан) // Аридные экосистемы. Отраслевые проблемы освоения засушливых земель. – 2019. – Т. 25. – №4(81). – С. 61-70.

Мадиеков А.С., Когуленко Л. The issue of transporting pollutants with atmospheric precipitation // Материалы 3-международной конференции «Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: экологические вызовы XXI века» (27-29 сентября 2017 г.). – Казань, 2017. – С. 295-299.

- Махонько Э.П., Первунина Р.И., Вертинская Г.К. и др. О загрязнении почв промышленных районов тяжелыми металлами // Труды ИЭМ. – М.: Гидрометеоздат, 1976. – Вып. 4(56). – С. 109-123.
- Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89. – М.: Госкомитет СССР по гидрометеорологии, Минздрав СССР, 1991. – 693 с.
- Современное экологическое состояние бассейна озера Балхаш / под ред. Т.К. Кудекова. – Алматы: Каганат, 2002. – 388 с.
- Трофимов В.Т. и др. Трансформация экологических функций литосферы в эпоху техногенеза. – М.: Ноосфера, 2006. – 718 с.
- Феленберг Г. Загрязнение природной среды: Введение в экологическую химию / пер. с нем. – М.: Мир, 1997.
- Baysal A., Baltacı H., Ozbek N., Destanoglu O., Ustabasi G.S., Gumus G. Chemical characterization of surface snow in Istanbul (NW Turkey) and their association with atmospheric circulations // *Environ Monit Assess.* – 2017. – P. 275. DOI 10.1007/s10661-017-5982-7
- Dossi C., Ciceri E., Giussani B., Pozzi A., Galgaro A., Viero A., Viagano A. Water and snow chemistry of main ions and trace elements in the Karst system of Monte Pelmo massif (Dolomites, Eastern Alps, Italy). *Marine and Freshwater Research.* – 2007. – № 58. – P. 649-656.
- Engelhard C., De Toffol S., Lek I., Rauch W., Dallinger R. Environmental impacts of urban management – the alpine case study of Innsbruck. *Science of the Total Environment.* – 2007. – № 32. – P. 286-294.
- Jarzyna K., Kozłowski R., Szwed M. Chemical properties of snow cover as an impact indicator for local air pollution sources. – 2017. – P. 1591-1607. DOI:10.14597/infraco.2017.4.2.120
- Kozłowski R., Jarzyna K., Józwiak M., Szwed M. Influence of cement-lime industry on the physico-chemical and chemical properties of snow cover in a «Białe Zagłębie» region in February 2012. *Monitoring Środowiska Przyrodniczego.* – 2012. – № 13. – P. 71-80 [in Polish]
- Nawrot A.P. et al. Chemistry of snow cover and acidic snowfall during a season with a high level of air pollution on the Hans Glacier, Spitsbergen // *Polar Science* xxx (2016) 1-13.
- Rybalko A., Zhuravlyov V.A., Semyonova L.R., Tokarev M.Y. Sedimentation Processes in the White Sea // *The White Sea Environment Part II*. Edit.: A.P. Lisitzin and L.L. Demina, (Development history and quaternary deposits of the white sea basin (2018) *Handbook of Environmental Chemistry*, 82, Series Title: *The Handbook of Environmental Chemistry*. Series Vol. 82. Springer Nature Switzerland AG. – 2018. – P. 135-163.
- Salo H., Berisha A.-Kaisa, Mäkinen J. Seasonal comparison of moss bag technique against vertical snow samples for monitoring atmospheric pollution // *Journal of Environmental sciences.* – 2016. – № 41. – 128–137.
- Sherrell R.M., Boyle E.A., Harris N.R., Falkner K.K. Temporal variability of Cd, Pb, and Pb isotope deposition in Central Greenland snow // *Geochemistry Geophysics Geosystems.* – 2000. – Vol. 1, N 1. – P. 1002–1024. DOI:10.1029/1999GC000007
- Siudek P., Frankowski M., Siepak, J. Trace elements distribution in the snow cover from an urban area in central Poland. *Environ Monit Assess.* – 2015. – № 187. – P. 225.
- Siudek P., Falkowska L., Urba A. Temporal variability of particulate mercury in the air over the urbanized zone of the southern Baltic. *Atmospheric Pollution Research.* – 2011. – № 2. – P. 484-491.
- Stachnik Ł., Plenzler J., Żelazny M. Zakłady przemysłowe wschodniej części aglomeracji krakowskiej jako źródło zanieczyszczenia pokrywy śnieżnej. *Przegląd Geograf.* – 2010. – № 82(3). – P. 389-408.
- Pilecka J., Grinfelde I., Valujeva K., Straupe I., Purmalis O. Heavy metal contamination and distribution in the urban environment of Jelgava // *Research for rural development.* – 2017. – V. 1. – P. 173-179. DOI:10.22616/rrd.23.2017.026
- Dong Zh., Qin D., Qin X., Cui J., Kang Sh. Changes in precipitating snow chemistry with seasonality in the remote Laohugou glacier basin, western Qilian Mountains // *Environ Sci Pollut Res.* – 2017. – № 24. – P. 11404-11414. DOI:10.1007/s11356-017-8778-y

## References

- Alekin O.A. (1970) *Osnovy gidrohimii [Fundamentals of hydrochemistry]*. – L.: Gidrometeoizdat. – 442 s.
- Alekseev V.R. (2013) Snezhnyj pokrov kak indikator kumuljativnogo zagrjaznenija zemel' [Snow cover as an indicator of cumulative land pollution] // *Ljud i Sneg.* – № 1 (121). – S. 127-140.
- Asylbekova S.Zh., Isbekov K.B., Lopareva T.Ja., Anur'eva A.N. (2011) Vlijanie vozdušnyh vybrosov promyšlennogo kompleksa PO «Balhashcvetmet» [Influence of air emissions of the industrial complex PA «Balkhashtsvetmet»] // *Vestnik AGTU. Serija rybnoe hozjajstvo.* – № 1. – S. 7-14.
- Belova E.A., Koval'chuk N.V. (2013) Ocenka zagrjaznennosti snezhnogo pokrova goroda Grodno [Assessment of contamination of snow cover in Grodno] // *Zhivye i biokosnye sistemy.* – Juzhnyj federal'nyj universitet (Rostov-na-Donu). – №3. – S. 9-18. [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24883088>
- Gosudarstvennyj prirodnyj rezervat «Ile-Balhash» Komiteta lesnogo hozjajstva i zhivotnogo mira Ministerstva sel'skogo hozjajstva Respubliki Kazahstan: Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazahstan ot 27 ijunja 2018 goda [State Natural Reserve «Ile-Balhash» of the Committee of Forestry and Wildlife of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan: Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated June 27, 2018. – № 381. [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1800000381>
- Eremina I.D., Grigor'ev A.V. (2010) Kislotnost' i himicheskiy sostav snezhnogo pokrova v Moskve i Podmoskov'e za period 1999-2006 gg. [Acidity and chemical composition of snow cover in the city of Moscow and the Moscow region during 1999-2006] // *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. geograf.* – № 3. – S. 55-60. [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kislotnost-i-himicheskiy-sostav-snezhnogo-pokrova-v-moskve-i-podmoskovie-za-period-1999-2006-gg/viewer>

Koroleva E.G., Dikareva T.V., Dikarev V.A. (2019) Ocenka prirodno-obuslovlennyh opasnostej v prirodnom rezervate «Ile-Balhash» (Kazahstan) [Assessment of natural-caused hazards in the Ile-Balkhash Nature Reserve (Kazakhstan)] // Aridnye jekosistemy. Otrazlevye problemy osvoenija zasushlivyh zemel'. – T.25. – №4(81). – S. 61-70.

Madibekov A.S., Kogutenko L. (2017) The issue of transporting pollutants with atmospheric precipitation // Materialy 3-mezhdunarodnoj konferencii «Okruzhajushhaja sreda i ustojchivoe razvitie regionov: jekologicheskie vyzovy XXI veka» (27-29 sentjabrja 2017 g.). – Kazan'. – S. 295-299.

Mahon'ko Je.P., Pervunina R.I., Vertinskaja G.K. i dr. (1976) O zagryaznenii pochv promyslennyh rajonov tzhzhelymi metalami [On the contamination of soils of industrial areas with heavy metals] // Trudy IJeM. – M.: Gidrometeoizdat. – Vyp. 4(56). – S. 109-123.

Rukovodstvo po kontrolju zagryaznenija atmosfery. RD 52.04.186-89 (1991) [Guidelines for the control of atmospheric pollution. RD 52.04.186-89]. – M.: Goskomitet SSSR po gidrometeorologii, Minzdrav SSSR. – 693 s.

Sovremennoe jekologicheskoe sostojanie bassejna ozera Balhash (2002) [The current ecological state of the Lake Balkhash basin] / Pod red. T. K. Kudakova. – Almaty: Kaganat. – 388 s.

Trofimov V.T. i dr. (2006) Transformacija jekologicheskikh funkcij litosfery v jepohu tehnogeneza [Transformation of the ecological functions of the lithosphere in the era of technogenesis]. – M.: Noosfera. – 718 s.

Felenberg G. (1997) Zagryaznenie prirodnoj sredy: Vvedenie v jekologicheskuyu himiju [Environmental pollution: An Introduction to Environmental Chemistry] / Per. s nem. – M.: Mir.

Baysal A., Baltaci H., Ozbek N., Destanoglu O., Ustabasi G.S., Gumus G. (2017) Chemical characterization of surface snow in Istanbul (NW Turkey) and their association with atmospheric circulations // Environ Monit Assess. – P. 275. – DOI 10.1007/s10661-017-5982-7

Dossi C., Ciceri E., Giussani B., Pozzi A., Galgaro A., Viero A., Viagano A. (2007) Water and snow chemistry of main ions and trace elements in the Karst system of Monte Pelmo massif (Dolomites, Eastern Alps, Italy). Marine and Freshwater Research. – № 58. – P. 649-656.

Engelhard C., De Toffol S., Lek I., Rauch W., Dallinger R. (2007) Environmental impacts of urban management – the alpine case study of Innsbruck. Science of the Total Environment. – № 32. – P. 286-294.

Jarzyna K., Kozłowski R., Szwed M. (2017) Chemical properties of snow cover as an impact indicator for local air pollution sources. – P. 1591-1607. – DOI:10.14597/infracco.2017.4.2.120

Kozłowski R., Jarzyna K., Józwiak M., Szwed M. (2012) Influence of cement-lime industry on the physico-chemical and chemical properties of snow cover in a «BiałeZagłębie» region in February 2012. Monitoring ŚrodowiskaPrzyrodniczego. – № 13. – P. 71-80 [in Polish]

Nawrot A.P. et al. (2016) Chemistry of snow cover and acidic snowfall during a season with a high level of air pollution on the Hans Glacier, Spitsbergen// Polar Science xxx. – P. 1-13.

Rybalko A., Zhuravlyov V.A., Semyonova L.R., Tokarev M.Y. (2018) Sedimentation Processes in the White Sea // The White Sea Environment Part II. Edit.: A.P Lisitzin and L.L. Demina, (Development history and quaternary deposits of the white sea basin (2018) Handbook of Environmental Chemistry, 82, Series Title: The Handbook of Environmental Chemistry. Series Vol. 82. Springer Nature Switzerland AG. – P. 135-163.

Salo H., Berisha A.-Kaisa, Mäkinen J. (2016) Seasonal comparison of moss bag technique against vertical snow samples for monitoring atmospheric pollution // Journal of Environmental sciences. – № 41. – 128–137.

Sherrell R.M., Boyle E.A., Harris N.R., Falkner K.K. (2000) Temporal variability of Cd, Pb, and Pb isotope deposition in Central Greenland snow // Geochemistry Geophysics Geosystems. – Vol. 1, N 1. – P. 1002–1024. –DOI:10.1029/1999GC000007

Siudek P., Frankowski M., Siepak, J. (2015) Trace elements distribution in the snow cover from an urban area in central Poland. Environ Monit Assess. – № 187.–P. 225.

Siudek P., Falkowska L., Urba A. (2011) Temporal variability of particulate mercury in the air over the urbanized zone of the southern Baltic. Atmospheric Pollution Research. – № 2. – P. 484-491.

Stachnik Ł., Plenzler J., Żelazny M. (2010) Zakłady przemysłowe wschodniej części aglomeracji krakowskiej jako źródło zanieczyszczenia pokrywy śnieżnej. PrzeglądGeograf. – № 82(3). – P. 389-408.

Pilecka J., Grinfelde I., Valujeva K., Straupe I., Purmalis O. (2017) Heavy metal contamination and distribution in the urban environment of Jelgava // Research for rural development. – V. 1. – P. 173-179. – DOI:10.22616/rtd.23.2017.026

Dong Zh., Qin D., Qin X., Cui J., Kang Sh. (2017) Changes in precipitating snow chemistry with seasonality in the remote Laohugou glacier basin, western Qilian Mountains // Environ SciPollut Res. – № 24.–P. 11404-11414. –DOI:10.1007/s11356-017-8778-y

Ғ.Т. Сулейменова , Ж.Е. Тұрсын\* 

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

\*e-mail: [tursyn\\_zhansaya@mail.ru](mailto:tursyn_zhansaya@mail.ru)

## АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНЫҢ ӘУЕЖАЙЫНДАҒЫ МЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРДІҢ БИІКТІК БОЙЫНША ТАРАЛУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Қазіргі уақытта әуе кемелерінің ұшуына кедергі әкеліп және авиация техникасына залал келтіретін атмосфера параметрлері туралы зерттеу авиацияны метеорологиялық қамтамасыз етуде маңызды мәселелердің бірі болып табылады. Сол себепті метеошамаларға бақылау, олардың таралу ерекшеліктеріне қарай әрекет ету авиация саласында маңызды.

Алматы қаласы әуежайы – Қазақстандағы ең үлкен әуежай. Әуежай арқылы Қазақстан бойынша жолаушылардың жартысы және жүктердің 68% өтеді. Авиация үшін қауіпті метеорологиялық параметрлер мен құбылыстар авиакәсіпорындарына үлкен залал, шығын әкелуі мүмкін. Сондықтан, Алматы қаласы әуежайында әуе кемелеріне әсер ететін метеорологиялық параметрлердің таралуын зерттеу қазіргі таңда өзекті мәселелердің бірі. Еліміздің барлық қалаларында «Қазақавиация» өңірлік орталықтары бар және соның ішінде, арнайы метеорологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ететін метеорологиялық бөлімдер жұмыс атқаруда.

Бұл мақалада Алматы қаласының әуеайлағында 2013–2017 ж. аралығында тіркелген метеорологиялық параметрлердің биіктік бойынша таралу ерекшеліктері қарастырылған. Әуе кемелеріне (ӘК) әсер ететін келесі метеорологиялық параметрлер қарастырылды: ауа температурасы, атмосфералық қысым, жел жылдамдығы мен бағыты, бұлттылықтың түрі мен мөлшері, сонымен қатар биіктікте әсер ететін келесі қауіпті құбылыстар: ұшақтардың шайқалуы, ұшақтардың мұздануы, жылғалы ағыстар және т.б. Мәліметтердің барлығы аэрологиялық диаграмма түрінде интернет желісі арқылы [flymeteo.org](http://flymeteo.org) сайтынан алынды.

**Түйін сөздер:** аэрологиялық диаграмма, температура, бұлттылық, жел, тропопауза, мұздану, шайқалу, жылғалы ағыстар.

G.T. Suleimenova, Zh.E. Tursyn\*

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: [tursyn\\_zhansaya@mail.ru](mailto:tursyn_zhansaya@mail.ru)

### Features of the distribution of meteorological parameters by height at the airport in Almaty

Currently, the study of atmospheric parameters that hinder the flight of aircraft and cause damage to aviation equipment is one of the most important issues of meteorological support for aviation. Therefore, it is important to monitor weather parameters, to act depending on the features of their distribution.

Almaty Airport is the largest airport in Kazakhstan. Half of passengers and 68% of cargo pass through the airport in Kazakhstan. Meteorological parameters and phenomena that are dangerous for aviation can cause serious damage to air enterprises. Therefore, the study of the distribution of meteorological parameters affecting aircraft at the airport of Almaty is one of the urgent problems at the present time. In all cities of the country, there are regional centers «Kazakhstan Aviation», including meteorological departments that provide special weather safety.

This article examines the features of the distribution of meteorological parameters over height for the period 2013–2017. at the airport in Almaty. The following meteorological parameters affecting aircraft (AC) were analyzed: air temperature, atmospheric pressure, wind speed and direction, type and size of clouds, as well as the following hazardous phenomena affecting the height: aircraft turbulence, aircraft icing, jet flow, etc. Meteorological data in the form of upper-air diagrams were taken from the Internet from [flymeteo.org](http://flymeteo.org).

**Key words:** aerological diagram, temperature, cloud cover, wind, tropopause, icing, jet stream.



Г.Т. Сулейменова, Ж.Е. Турсын\*

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы,

\*e-mail: tursyn\_zhansaya@mail.ru

### Особенности распределения метеорологических параметров по высоте в аэропорту города Алматы

В настоящее время исследование параметров атмосферы, препятствующих полету воздушных судов и наносящих ущерб авиационной технике, является одним из важнейших вопросов метеорологического обеспечения авиации. Поэтому важно следить за метеопараметрами, действовать в зависимости от особенностей их распространения.

Аэропорт г. Алматы самый большой в Казахстане. Через аэропорт по Казахстану проходит половина пассажиров и 68% грузов. Метеорологические параметры и явления, опасные для авиации, могут нанести серьезный ущерб авиапредприятиям. Поэтому изучение распределения метеорологических параметров, влияющих на воздушные суда в аэропорту г. Алматы, является одной из актуальных проблем в настоящее время. Во всех городах страны действуют региональные центры «Казаэронавигация», в том числе метеорологические отделы, обеспечивающие специальную метеобезопасность.

В данной статье рассматриваются особенности распределения метеорологических параметров по высоте за период 2013-2017 гг. в аэропорту г. Алматы. Анализированы следующие метеорологические параметры, влияющие на воздушные суда (ВС): температура воздуха, атмосферное давление, скорость и направление ветра, тип и размер облачности, а также следующие опасные явления, влияющие на высоту: болтанка самолетов, обледенение самолетов, струйное течение и др. Метеорологические данные в виде аэрологических диаграмм взяты с сайта flymeteo.org.

**Ключевые слова:** аэрологическая диаграмма, температура, облачность, ветер, тропопауза, обледенение, струйное течение.

#### Кіріспе

Метеорологиялық факторлар – бұл азаматтық авиацияның пайдалану қызметіне тікелей немесе жанама әсер ететін немесе әсер етуі мүмкін кез келген атмосфералық жағдайлар, құбылыстар, шамалар мен сипаттамалар. Белгілі бір метеорологиялық факторлардың әсері әуе апатына, тіпті егер бұл факторлардың әсері дұрыс бағаланбаған болса, апатқа әкелуі мүмкін (Богаткин О.Г., 2005: 68). Сондықтан да авиация саласында метеорологиялық ақпараттың нақтылығы маңызды.

Сәтсіз ұшудың негізгі факторларының бірі дәстүрлі түрде табиғи факторлар деп аталады, яғни ауа райы жағдайлары. Халықаралық азаматтық авиация ұйымының (ИКАО) деректері бойынша ауа райына байланысты ең ауыр авиациялық апаттар жалпы санның 6-21 %-ын құрайды. Бірақ бұл метеорологиялық жағдайлар бірден себеп болатын жағдайлар. Егер ауа райы апаттың тікелей себебі болмаса да, оған ықпал еткен жағдайларды ескеретін болсақ, әрбір үшінші апат метеорологиялық жағдайларға тікелей немесе жанама байланысты болады екен.

Әлемнің әр түкпірінде, оның ішінде Қазақстанда да, өкінішке қарай, әуе көліктерінің апаттары болып, адамдар қаза тауып жатады.

Елімізде соңғы онжылдықта қаншама адамның өмірін қиған, ірі келесідей апаттар орын алған:

2012 жыл, АН-72. 25 желтоқсан күні Астанадан Шымкентке ұшқан АН-72 ұшағы Шымкент әуежайына 20 километр қалғанда апатқа ұшыраған. Ұшақ радардан жергілікті уақыт бойынша сағат 18:55-те жоғалып кеткен. Борттағы барлық 27 адам қаза болды.

2013 жыл, Bombardier CRJ-200. SCAT компаниясына тиесілі Bombardier CRJ-200 ұшағы Көкшетау-Алматы авиарейсінде Алматы облысындағы Қызылту елді мекеніне құлады. Борттағы 21 адамның барлығы қаза болды. Апатқа ауа-райы мен экипаждың қателігі себеп болған.

2015 жыл, АН-2. 2015 жылы 20 қаңтарда Жамбыл облысындағы «Шатыркөл» кен орнында АН-2 ұшағы апатқа ұшырады. Бес адам қаза тапқан.

2016 жыл, UP-MD 600-N тікұшағы. 27 қаңтарда ауа-райына байланысты UP-MD 600-N тікұшағы Алматы облысында құлады.

Соның ішінде соңғы Bek Air ұшақ апаты – 2019 жылғы 27 желтоқсан күні Bek Air әуе компаниясының Алматы-Астана бағыты бойынша Z9 2100 нөмірлі рейсін орындайтын Fokker-100 ұшағы Алматы қаласы маңындағы Қызылту елді-мекеніне апатқа ұшырады. 12 жолаушы қайтыс болғандығы белгілі. Байқағанымыздай, осы апаттардың көпшілігі ауа райы-



мен байланыстылығын көреміз. Бұл метеошама-ларға деген немқұрайлық экономикаға ғана емес қаншама адам шығынын алып келеді. Әрине, қазіргі таңда елімізде осы бағытта іс-шаралар атқарылуда. Яғни, дер кезінде қауіпті құбылыстарды болжауда көмек көрсетін жаңа құрылғылар, болжау әдістері жатады. Сонымен қатар, синоптиктің пилотқа берген консультациясы экипажға аэродром аймағында, маршрут бойымен және басқа аэродромдардағы ауа райын анықтайтын қысым жүйелеріне, ауа массаларына, фронтальды аймақтарға сипаттама береді. Синоптикалық процестерге ерекше назар аударылады: бұлттардың төмен орналасуы, көріну қашықтығының нашарлауы, найзағай, мұздану. Сондай-ақ, тропопаузаның орналасуы, жерде және биіктікте ауа температурасының өзгеруі туралы айтылады (Орлова И.А., 2010: 25).

### **Зерттеудің мақсаты мен міндеті**

Зерттеудің мақсаты Алматы қаласы әуежайы жағдайлары үшін метеорологиялық параметрлердің таралуын зерттеу және олардың әсер етуін теориялық іліммен салыстыру болып табылады. Зерттеу барысында келесі міндеттерді қарастырдық: Алматы қаласы әуежайындағы температура мен желдің биіктік бойынша таралуы, сонымен қатар, биіктікте байқалатын құбылыстардың таралуы ерекшеліктері.

Қазақстанда биіктіктегі метеорологиялық құбылыстарға егжей-тегжейлі болжамдар жасау қиын. «Қазаэронавигация» РМК-ның әуе кемелеріне әрдайым борттық ауа-райын болжауға тырысады және ол туралы ұсынымдарды береді.

### **Зерттеу материалдары мен әдістері**

Зерттеу нысаны – Алматы қаласы әуежайы. Метеорологиялық параметрлерінің биіктік бойынша таралуын сипаттау үшін 2013-2017 жылдар аралығындағы мәліметтер аэрологиялық диаграмма түрінде интернет желісі арқылы [flymeteo.org](http://flymeteo.org) сайтынан алынды ([flymeteo.org](http://flymeteo.org))

Ауа райы мұрағаттық мәліметтерін қолдану арқылы болжам жасау және дәлдігін тексеру. Әуе кемелері мен мүдделі ұйымдар арасында ауа райы туралы ескертулерді тарату әдісін әзірлеу.

Алматы қаласы әуежайында ауа райы қызметінің жедел жұмысында нақтылық әдісін одан әрі пайдалану үшін ұсынымдар беру.

Зерттеу барысында келесідей негізгі әдістерді қолдандық: есептік, сандық, физикалық-статистикалық, синоптикалық-статистикалық.

### **Зерттеу нәтижелері және талқылаулар**

Зерттеу барысы алдымен Алматы қаласы әуежайындағы ауа райы жағдайлары туралы ақпаратты жинау және өңдеуден басталды. Метеошамалардың авиацияға әсерін бағалау және болжау үшін халықаралық алмасу станцияларынан ағымдағы метеорологиялық ақпарат жиналды. Метеорологиялық деректер аэрологиялық диаграммадан ([URL: flymeteo.org](http://URL: flymeteo.org)) алынып, биіктікте таралуы қарастырылды. Алматы қаласы әуежайы бойынша биіктікте ауа-райын бағалау үшін қолданылатын метеорологиялық шамалардың тізімі:

Ауа температурасы – атмосфераның жылулық күйін сипаттайтын метеорологиялық өлшемдердің бірі. Ол ауа райына байланысты үнемі өзгеріп отырады және биіктеген сайын өзгереді. Ауа температурасының биіктік бойынша өзгеруі температураның вертикальді градиенті арқылы сипатталады. Әрбір 100 метрге биіктеген сайын температураның өзгеру мәнін температураның вертикальді градиенті дейді ( $\gamma$ , °C/100 м). Ауа температурасы биіктік бойынша төмендесе, оның вертикальді градиенті оң таңбалы, ал ол биіктік бойынша өссе (инверсиялды), онда оның вертикальді градиенті теріс таңбалы болады. Изотермия жағдайында температура биіктік бойынша өзгермейді, тұрақты болады (Хромов С.П., Петросяңц М.А., 2006: 6-26).

1-кестеде Алматы қаласы әуежайында 2013-2017 жылдар аралығында байқалған ауа температурасының биіктік бойынша таралуы көрсетілген.

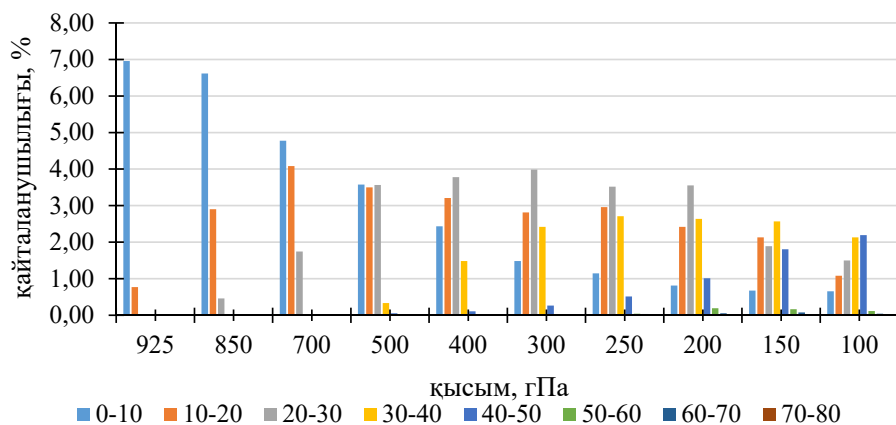
Кестеде көрсетілгендей, қысым азайған сайын ауа температурасының төмендейтінін байқауға болады. Қарастырылған жылдары Алматы қ. әуежайында ауа температурасының мәні биіктік бойынша 20,5 °C-тан минус 61,1 °C аралығында өзгерген. Әр мезгіл бойынша қарастырса, қыста температураның максимум мәні минус 1,7 °C-қа, ал минимум мәні минус 61,0 °C-қа тең болған. Көктемде оның максималды мәні 10,2 °C-қа, минимум мәні минус 60,4 °C-қа, жазда ол 20,5 °C-тан минус 60,8 °C аралығында, ал күзде оның мәні 18,0 °C-тан минус 61,0 °C-қа өзгерген.

**1-кесте** – Алматы қ. әуежайында 2013-2017 жылдар аралығында байқалған ауа температурасының биіктік бойынша мәндері (°C)

Р	Қыс			Көктем			Жаз			Күз		
	ХІІ	І	ІІ	ІІІ	ІV	V	VI	VII	VIII	IX	X	ХІІ
925	-2,3	-8,1	-4,7	-1,7	4,8	8,4	15,5	18,4	17,6	16,0	8,5	1,4
850	-1,7	-4,7	-4,8	0,2	5,3	10,2	14,5	20,0	20,5	18,0	11,1	3,3
700	-6,0	-6,8	-9,5	-3,7	-2,6	-0,9	3,9	8,0	9,5	4,6	-0,3	-4,0
500	-25,4	-23,7	-25,4	-23,1	-20,2	-17,8	-14,7	-10,4	-8,8	-9,8	-14,1	-36,0
400	-36,2	-38,0	-36,9	-35,4	-33,4	-31,5	-27,0	-26,3	-24,4	-26,8	-28,0	-34,2
300	-49,2	-52,2	-50,6	-50,2	-49,3	-46,6	-39,7	-37,7	-36,9	-40,7	-43,8	-47,0
250	-57,5	-59,1	-59,1	-57,7	-55,5	-53,7	-50,1	-44,6	-47,4	-48,7	-49,3	-56,8
200	-60,5	-61,0	-61,0	-60,4	-59,7	-58,7	-54,3	-50,5	-48,6	-54,8	-57,3	-58,9
150	-61,1	-60,6	-59,5	-58,9	-57,3	-57,0	-57,2	-54,7	-56,6	-55,9	-57,0	-59,4
100	-60,0	-61,0	-60,6	-58,3	-57,3	-57,7	-59,2	-58,4	-60,3	-60,8	-61,0	-59,8

Авиация саласында қауіпті метеопараметрлердің бірі – ол, жел. Жел – ауаның жер бетіне қатысты көбінесе горизонталь бағытта қозғалуы. Ол атмосфера қабаттарында қысымның біркелкі таралмауынан пайда болады әрі жоғары қысымнан төменгі қысымға қарай бағытталады. Ауа қысымы уақыт пен кеңістікте тұрақты болмайтындықтан желдің жылдамдығы мен бағыты үнемі өзгеріп отырады.

Жерден биіктеген сайын үйкеліс күші азаяды, сондықтан желдің жылдамдығы да өседі. Жылдамдығымен бірге желдің бағыты да өзгереді, ол изобара бағытына жақындайды (Edward Aguado, James E. Burt., 2015: 16). Зерттелген жылдары Алматы қ. әуежайында тіркелген орташаланған жел жылдамдығының биіктік бойынша өзгерісі 1-суретте көрсетілген.



**1-сурет** – Алматы қ. әуежайындағы 2013-2017 жылдар аралығындағы жел жылдамдығының биіктік бойынша қайталанушылығы, %

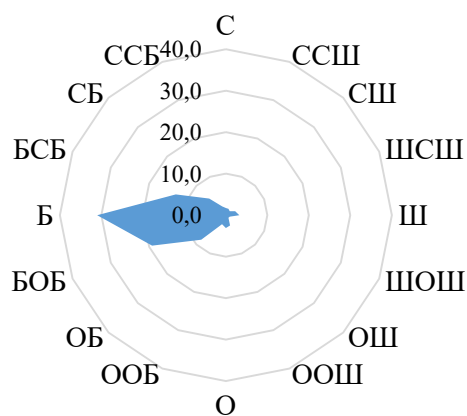
Алматы қ. әуежайында 2013-2017 жылдары қысым деңгейі төмендеген сайын жел жылдамдығының артқанын байқауға болады. Яғни, жел жылдамдығы биіктеген сайын күшейеді. Желдің градиенттік болып есептелетін биіктігі,

яғни үйкеліс қабатының қалыңдығы және де әртүрлі биіктіктегі желдің вертикальді градиенті төселме беттің бүдірлігіне, атмосфера стратификациясына және желдің өзінің жылдамдығына байланысты болады. Жер беті

неғұрлым бүдірлі болса үйкеліс қабаты соғұрлым биікте орналасады. Жел жылдамдығының төмен мәндері төменгі биіктіктерде, ал оның жоғары мәндері жоғарғы биіктікте байқалғанын көруге болады. Мәліметтерге сәйкес, жел жылдамдығының максимум қайталанушылығы, 0-10 м/с аралығында 925 гПа деңгейінде 6,96 % байқалған. Ал, минимум көрсеткіш 100 гПа деңгейінде 70-80 м/с аралығында 0,01% қайталанушылыққа ие болған.

Зерттеулерге сәйкес, жерге жақын ауа қабатында желдің жылдамдығы 30 метр биіктікке дейін жылдам өседі, ал бағыты өзгермейді. Одан жоғары, оның бағыты солтүстік шарда оңға бұрылады, оңтүстік шарда солға бұрылады (градиенттік желге жеткенге дейін).

Келесі 2-суретте Алматы қ. әуежайында 2013-2017 жылдар аралығында байқалған жел бағытының қайталанушылығы көрсетілген.



2-сурет – Алматы қ. әуежайында 2013-2017 жылдар аралығында байқалған жел бағытының биіктік бойынша қайталанушылығы, %

Қарастырылған жылдары Алматы қ. әуежайында биіктеген сайын жел бағытының батыс бағытта басым болғанын (30 %) байқауға болады. Оның себебі, Алматы қаласының орографиясына биіктікте батыс желдері орын алатындықтан Алматы үстінде 3,5-5 км жоғары жел әрдайым батыстан соғады. Ал, желдің аз қайталанушы бағыты шығыс және оңтүстік шығыс бағытына сай келеді.

Сонымен қатар бұл мақалада, Алматы қ. әуежайының 2013-2017 жылдар аралығындағы аэрологиялық диаграммадағы мәліметтері бойынша биіктікте келесі құбылыстардың байқалатыны анықталды. Атап айтсақ, бұлттылық,

мұздану, шайқалу (болтанка) және жылғалы ағыстар.

Жалпы, бұлт дегеніміз бұл, атмосферада қалқыған өте ұсақ су буы тамшыларының және мұз кристалдарының жиынтық жүйесі. Ол жер бетінен 2-18 км-ге дейінгі биіктікте атмосфераның төмен бөлігінде (тропосфера) құралады. Бұлттар ауа құрамындағы су буының қоюлануы нәтижесінде пайда болады. Бұлттылық – аспандағы бұлттардың санын сипаттайтын шама; бұл бұлттар жауып тұрған аспан бетінің барлық аспан күмбезіне қатысымен анықталады. 10 балдық жүйемен өлшенеді (Оракова Г.О., 2014: 3).

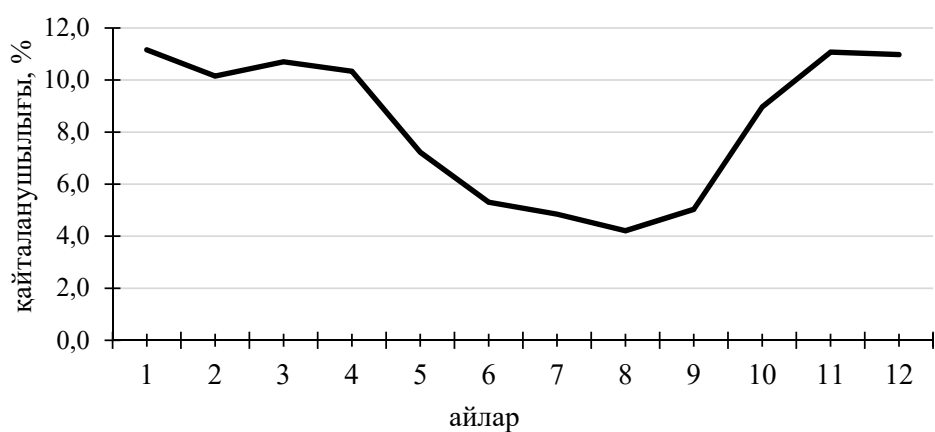
3-суретте Алматы қ. әуежайында қарастырылған жылдар аралығында байқалған бұлттылықтың ай бойынша қайталанушылығы көрсетілген.

3-суретте көрсетілгендей, қарастырылған жылдары Алматы қ. әуежайында бұлттылықтың мезгіл бойынша таралуында, оның мәні жылдың салқын мезгілінде артып, ал тиісінше жылы мезгілде төмендеген. Оны бұлттылықтың ауа температурасына тәуелділігімен және ылғалдылыққа байланысты болуымен түсіндіруге болады. Бұлттылықтың максимум мәні, күз бен көктем мезгіліне сай келеді, яғни наурыз, қаңтар және қараша айларында сәйкесінше 11,2 және 11,1 %-ды құрайды. Ал, минимумы жаз мезгіліне сәйкес келеді, яғни тамыз айында оның қайталанушылығы 4,2 %-ға тең.

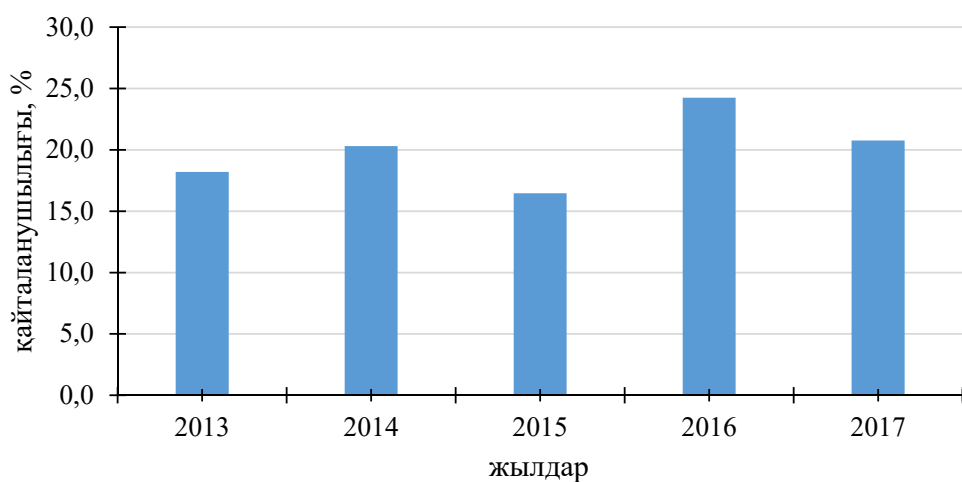
Зерттелген аймақта 2013-2017 жылдар аралығында байқалған бұлттылықтың жыл бойынша қайталанушылығы 4-суретте көрсетілген.

Диаграммадан көріп отырғанымыздай, бұлттылық ең көп 2016 жылы байқалған, ол барлық жағдайдың 24,2 %-ын құрайды. Ал ең аз ол 2015 жылы (16,5 %) тіркелген. 2015 жылдық орташа мәнінің төмен болуы климаттың өзгеруімен, яғни Алматы қаласында сол жылы температураның климаттық нормадан асуына байланысты жылы жылдар қатарына кіруімен түсіндіріледі. Ал, 2016 жылдық орташаның жоғары болуы қыстың әдеттегіден ұзаққа созылуымен түсіндіріледі.

АД бойынша 5 жылдық мәліметтерге сәйкес бұлттылықтың 3 түрі байқалған. Олар: Sc, As, Ci. Осы байқалған бұлттылықтың төменгі және жоғарғы қабаттары арқылы бұлттылықтың қалыңдығы анықталды. 2-кестеде Алматы қ. әуежайында зерттелген жылдар аралығында байқалған бұлттылық түрінің қалыңдық бойынша қайталанушылығы көрсетілген.



3-сурет – Алматы қ. әуежайында 2013-2017 жылдар аралығында байқалған бұлттылықтың ай бойынша қайталанушылығы, %



4-сурет – Алматы қ. әуежайында 2013-2017 жылдар аралығында байқалған бұлттылықтың жыл бойынша қайталанушылығы, %

2-кесте – Алматы қ. әуежайында 2013-2017 жылдар аралығында байқалған бұлттылық түрінің қалыңдығы бойынша қайталанушылығы, %

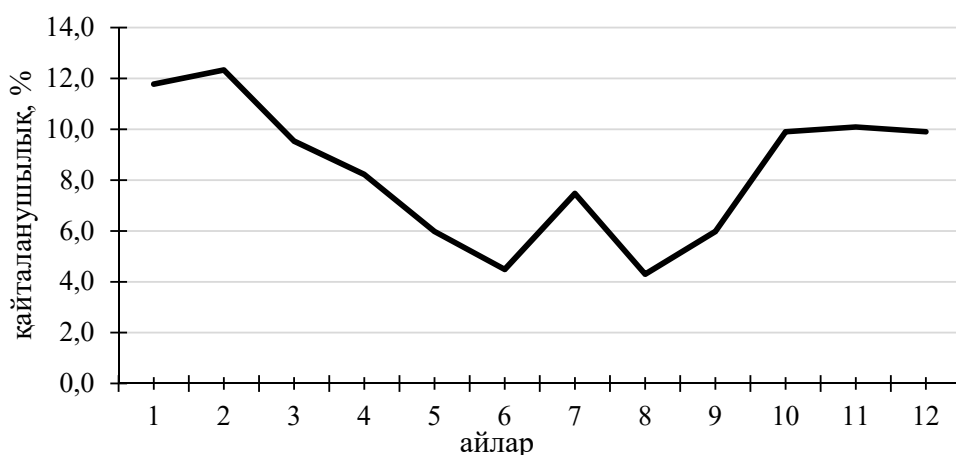
Қалыңдығы, м	Сi	Ас	Sc	Барлығы
30-150	0,1	0,1	0,6	0,8
150-270	0,0	9,4	8,2	17,5
270-390	3,5	6,3	9,1	18,8
390-510	3,0	4,7	15,1	22,8
510-630	2,5	12,5	17,3	32,4
630-750	0,0	1,6	3,6	5,2
750-870	0,0	0,8	1,7	2,5
Барлығы	9,1	35,4	55,6	100

Кестеде көрсетілгендей, Алматы қ. әуежайында қарастырылған жылдары байқалған бұлттылықтың қалыңдығы 30 бен 870 м аралығында байқалған. Ең көп қатпарлы-будақ бұлттары байқалған (55,6%). Одан кейін ортаңғы қабат бұлттары, яғни биік-будақ бұлттары (35,4 %) және жоғары қабат бұлттары, яғни шарбы бұлттар (9,1 %) тіркелген. Зерттеу нәтижелеріне сәйкес жоғарғы қабат бұлттары бойынша ең көп 270-390 м қалыңдықтағы бұлттар, олардың қайталанушылығы 3,5 %-ға тең, ал ең аз 30-150 м қалыңдықтағы бұлттар (0,1 %) байқалған. Ортаңғы қабат бұлттары бойынша ең көп 510-630 м қалыңдықтағы (12,5 %), ал ең аз 30-150 м қалыңдықтағы бұлттар (0,1 %) тіркелген. Төменгі қабат бұлттары бойынша ең көп 510-630 м қалыңдықтағы (12,5 %), ал ең аз 30-150 м қалыңдықтағы бұлттар (0,1 %) тіркелген.

Мұздану – тұман және сулы қарда ұшу барысында арнайы құрылғысының сыртқы бөліктері, сонымен қатар, ұшақ пен тікұшақтың

сүйір бөліктеріндегі мұздың қатуы. Ұшу биіктіктерінде ауада салқындатылған тамшылар болып, ал әуе кемелерінің беткейі теріс таңбалы болса, мұздану пайда болады. Мұздану аймақтарында әуе кемелерінің ұшу сапасының төмендеуі мұздану қарқындылығына ұшақ беткейінде қатқан мұз санына мұз қалдықтары формасына және мұз құрылымына байланысты болады. Мұзданудың мезгілдік таралуында, оның қайталанушылығы қысқы мезгілде жазғы мезгілге қарағанда көбірек болып келеді. Әрине, мұзданудың пайда болуында маңызды фактор температура екені мәлім. Әсіресе, температураның теріс мәндері сай келеді. Сонымен, қатар осы мұзданудың пайда болуы Әуе кемелерінің (ӘК) жылдамдығы мен түріне байланысты болады (Robert N. Buck., 1988: 306, Yashmitha Kumaran, N. Sumathi., 2017: 45).

Алматы қ. әуежайында зерттелген жылдар аралығында байқалған мұзданудың айлық жүрісі 5-суретте көрсетілген.

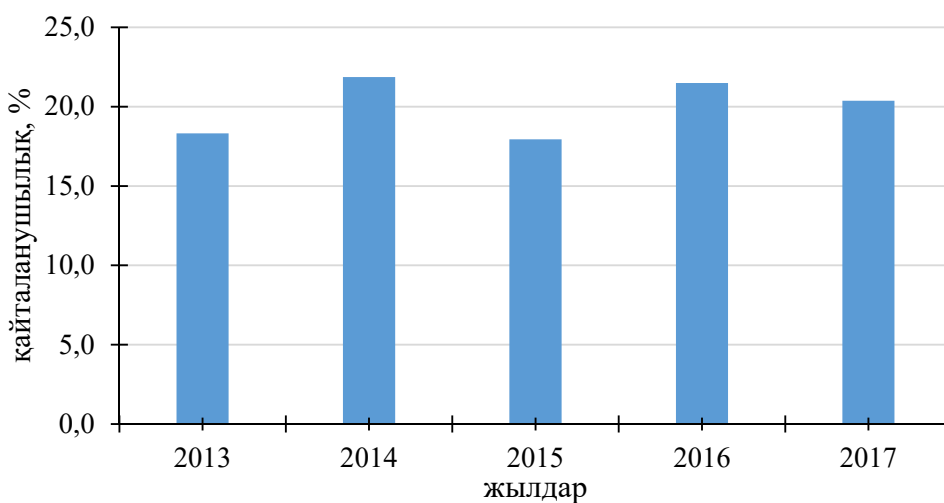


5-сурет – Алматы қ. әуежайында 2013-2017 жылдар аралығында байқалған мұзданудың ай бойынша қайталанушылығы, %

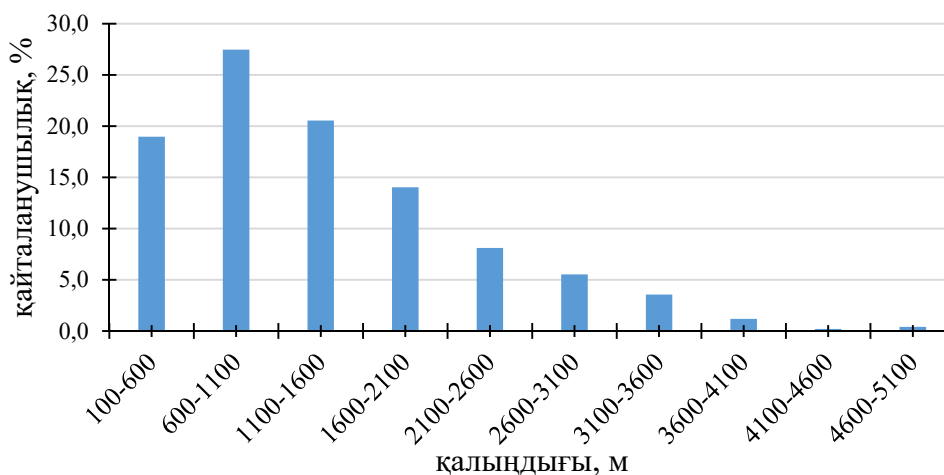
Алматы қ. әуежайында мұзданудың ай бойынша таралуында 2 максимумы мен 2 минимумы байқалған. Максимум мәндері, ақпан және желтоқсан айларына, ал минимум мәндері маусым және тамыз айларына сай келеді. Мұзданудың айлық жүрісінде максимум мәндері 12,3 және 10,1%-ға, ал минимумы 4,5 мен 4,3%-ға тең болған. Жалпы, мұзданудың ай бойынша таралуында оның маусымға бағыныштылығын байқауға болады. Қарастырылған аймақта 2013-2017 жылдар аралығында байқалған мұзданудың жыл бойынша қайталанушылығы 6-суретте көрсетілген.

Мұзданудың жыл бойынша қайталанушылығында оның максимум мәні 2014 жылға (21,9 %), ал минимум мәні 2015 жылға (17,9%) келеді. Жалпы, мұзданудың жылдық жүрісі температураның жылдық жүрісімен сай келеді.

Сонымен бірге АД бойынша, мұзданудың төменгі және жоғарғы қабаттары арқылы оның қалыңдығы анықталды. Алматы қ. әуежайында зерттелген жылдар аралығында тіркелген мұзданудың қалыңдығы бойынша оның қайталанушылығы төмендегі суретте көрсетілген (7-сурет).



6-сурет – Алматы қ. әуежайында 2013-2017 жылдар аралығында байқалған мұзданудың жыл бойынша қайталанушылығы, %



7-сурет – Алматы қ. әуежайында 2013-2017 жылдар аралығында тіркелген мұзданудың қалыңдығы бойынша қайталанушылығы, %

Зерттеу мәліметтеріне сәйкес, мұздану ең көп 600-1100 м аралығындағы қалыңдықта (27,5 %), ал ең аз 4100-4600 м аралығындағы қалыңдықта (0,2 %) қайталаыады. Жалпы, мұзданудың қалыңдығы ұшу жылдамдығы мен бұлттылықтың сулылығымен тікелей байланысты. Және де маусым бойынша мұзданудың қалың қайталанушылығы суық мерзімге, ал аз қалыңдықта жылы маусымға сай болады. Ал, орналасу биіктігінде мұздану қыс мезгілінде төмен биіктіктерде, ал жазда оның биіктігі жоғарылайды. Себебі температураның теріс мәнге өту биіктігіне де байланысты.

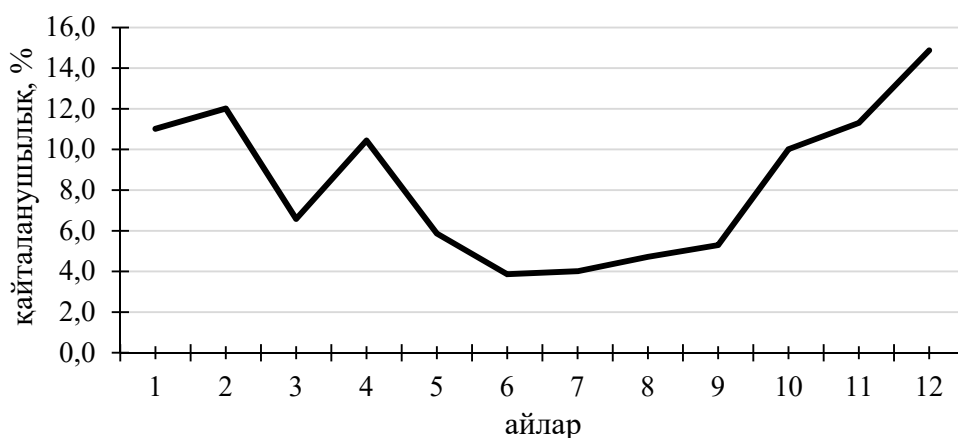
Ұшуда және қонуда шайқалу қатты турбуленттікке байланысты ұшақтың есептік траекториясынан жоғары және төмен ұшақтың едәуір шайқалулар болуы мүмкін. Шайқалу – атмосфералық турбуленттіліктің (АТ) әсерінен жеткілікті үлкен жиілікпен (ауыр ұшақтар үшін Гц үлкен үлесі және жеңіл ұшақтар үшін 1 Гц-ке дейін) ұшу аппаратының ауытқыған қозғалысы. АТ әуе кемесінің масса центрінің кеңістіктегі қозғалысын және масса центрінің айналасындағы бұрыштық тербелістерді тудырады. Егер шайқалулар ұшақтың ұшуы кезінде неғұрлым қауіпті әсер етудің сындарлы



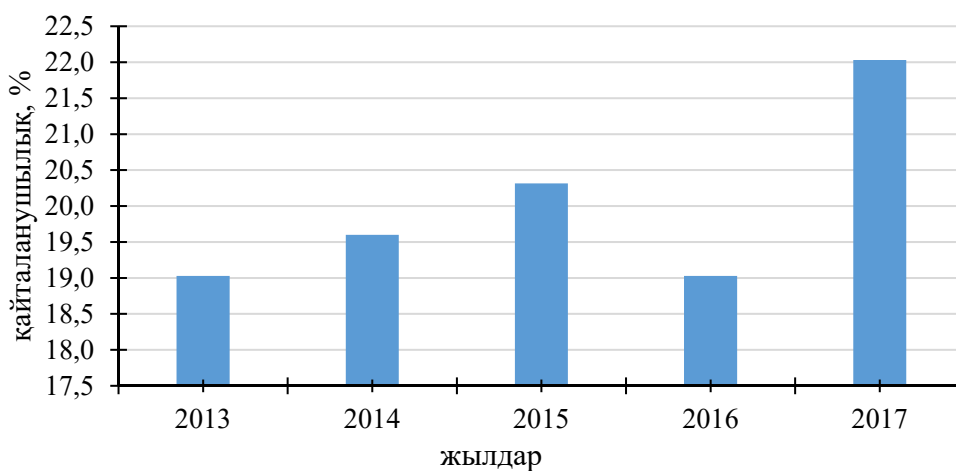
бұрышында болуына әкеп соқтыруы мүмкін болса, онда ұшақтың төмен лақтыруы жер немесе су бетімен соқтығысуға әкелуі мүмкін, бұл ұшу кезінде де, қону кезінде де бірдей қауіпті болып табылады (Developed by the ICAO Meteorology Panel, 2018: 67).

Алматы қ. әуежайында 2013-2017 жылдар аралығында тіркелген шайқалудың ай бойынша қайталанушылығы келесі 8-суретте көрсетілген.

Зерттелген жылдарда шайқалудың максимумы жылдың салқын мезгіліне, ал минимумы жылы мезгілге сай келеді. Яғни бұл құбылыс ең көп желтоқсан айында (14,9 %) орын алса, ең аз маусым айында (3,9 %) тіркелген. Төмендегі суретте Алматы қ. әуежайында 2013-2017 жылдар аралығында байқалған шайқалудың жыл бойынша қайталанушылығы келесіде көрсетілген (9-сурет).



8-сурет – Алматы қ. әуежайында 2013-2017 жылдар аралығында тіркелген шайқалудың ай бойынша қайталанушылығы, %



9-сурет – Алматы қ. әуежайында 2013-2017 жылдар аралығында орын алған шайқалудың жыл бойынша қайталанушылығы, %

Бұл суреттен Алматы қ. әуежайында қарастырылған жылдары шайқалу құбылысы ең көп 2017 жылы (22,0 %) тіркелгенін, ал ең аз 2013 және 2016 жылдары (19,0 %) байқалғанын көруге болады.

Ары қарай шайқалудың байқалған биіктігіне байланысты оның қарқындылығы анықталды: әлсіз, орташа және күшті (10-сурет).

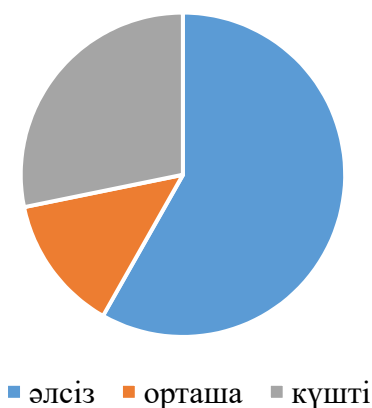
Алматы қ. әуежайында шайқалудың қарқындылығына байланысты ең көп әлсіз қар-

қындылықтағы шайқалу тіркелген, ол барлық жағдайдың 58,2 %-ын құрайды. Одан кейін қарқындылығы күшті шайқалу орын алса (28,2%), кейін орташа қарқындылықты шайқалу 13,6 %-бен байқалады.

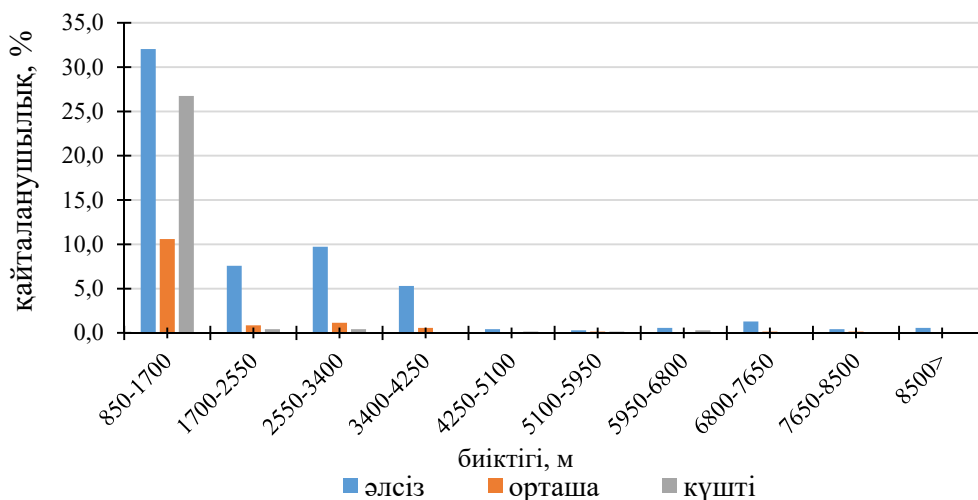
12-суретте Алматы қ. әуежайында 2013-2017 жылдар аралығында байқалған шайқалудың биіктік бойынша қайталанушылығы көрсетілген.

Суретке сәйкес, шайқалу құбылысы ең көп 850-1700 м биіктік аралығында тіркеледі

(69,4 %), ал ең аз >8500 м биіктікте (0,6 %) байқалады. Жалпы, әдебиеттерге сәйкес, шайқалудың ең көп қайталанушылығы тропосфераның төменгі қабатында (0-2 км) термикалық және механикалық турбуленттілік жағдайында байқалады. Ал, орта тропосферада шайқалу қайталанушылығы аз, жоғарғы тропосферада тропопауза деңгейіне жақындағанда, не максималды жел жылдамдығына жеткенде жоғарылайды.



10-сурет – Қарқындылығына байланысты шайқалудың қайталанушылығы, %



11-сурет – Алматы қ. әуежайында 2013-2017 жылдар аралығында байқалған шайқалудың биіктік бойынша қайталанушылығы, %

## Қорытынды

Алматы қ. әуежайы бойынша зерттеу жүргізу нәтижесінде метеошамалар қауіпінің деңгейін бағалау жұмысы жүргізілді. Алматы қаласының маңында ұсынылған әдістің артықшылықтары мен кемшіліктері анықталды. Қауіптілік деңгейін бағалаудағы қателіктер Алматы қ. әуежайында әлем жұмысына қарағанда біршама төмен. Жұмыс нәтижелері бойынша «Қазақэро-навигация» РМК жедел жұмысына ауа райын болжаудың жаңа әдістерін енгізу кезінде көмектесетін оқу және әдістемелік құралдар жасалды. Жаңа технологияларды енгізу қауіпті ауа райы ескертулерінің сапасын арттырады. Сапалы болжам метеошамалар туралы дауыл туралы ескертулерге халықтың сенімін арттырады және экономикалық шығындарды азайтады.

Мәліметтерге сәйкес, Алматы қ. әуежайында ауа температурасының жоғарылауы ұшақтың қозғалу ұзындығына айтарлықтай әсер етеді және 20,5 °С-тан минус 61,1 °С аралығында өзгерген. Мысалы, ол 1°С-қа өскенде, ұшақтың қозғалу ұзындығы 1%-ға өседі, ал атмосфералық қысым 1%-ға өскенде оның қозғалу ұзындығы 2%-ға қысқарады. Ұшақтың қону кезінде де осы процестер жүреді. Ауа температурасының өсуі мен қысымның төмендеуі (тығыздықтың азаюы) ұшақтың қону жылдамдығын жоғарылатады, соған сай қозғалу ұзындығы да ұзарады.

Ұшақтың ұшып-қонуына жанынан соғатын жел де әсер етеді. Жанынан соғатын жел кезінде қону ұшақтың қатты ауытқуы әсерінен қиын болып табылады. Алматы қ. әуежайында жел нәтижелері 0-10 м/с аралығында болған. Ұшақтардың барлық типі бағыттас жел жылдамдығы 5 м/с-тан жоғары болмаған жағдайда ұшып қона алады. Қарама-қарсы жел үшін жылдамдығы 25-30 м/с-ты құрайды. Жел жылдамдығының шекті мәндерінен асқанда ұшақтың ұшу-қонуына тыйым салынады.

Алматы қ. әуежайы бойынша 2013-2017 ж. аралығындағы зерттеу бойынша нәтиже теориялық іліммен сай келеді. Яғни, турбуленттілік пен ұшақтың шайқалуы жылғалы ағыс аймағында байқалады. Көріну қашықтығы 50-200 м құрайды. Cs бұлттылығында ұшу қауіпсіз болып табылады. Кейде Cs бұлттылығы атмосфералық фронттармен байланысты болғанда ұшу кезінде әлсіз мұздану және әлсіз дірілдеу байқалады. Cs бұлттылығында көріну қашықтығы 1 км-ден аспайды. Ұзақ уақыт бойы ұшқанда ұшақтың электрленуі бақыланады.

Сонымен қатар, зерттеу барысында Алматы қ. әуежайының бұлт және онымен байланысты ауа райының найзағай, нөсер, бұршақ, төмен бұлттылық және т.б. құбылыстарының туындауына бейім екенін байқадық. Себебі, орографиялық таулы аймаққа жататындығымен түсіндіріледі. Олар ұшуларды қиындатады, ал кейбір жағдайларда ұшу мүмкіндігін жоққа шығарады.

## Әдебиеттер

- Богаткин О.Г. Авиационная метеорология: учебник. – СПб.: РГГМУ, 2005. – С. 68-227.
- Богаткин О.Г. Авиационная метеорология для летчиков. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2008. – С. 239.
- Орлова И.А. Оценка параметров атмосферы в циклонах и антициклонах и их влияния на полет самолета. – Саратов: Изд. Сарат. ун-та, 2010. – С. 25-27.
- Оракова Г.О. Метеорологические условия образования низкой облачности, 2014. – С. 1-8.
- Полякова С.Е., Барабошин А.Н. Метеорологические условия образования туманов в аэропорту города Алматы и их влияние на работу авиации // Вестник КазНУ, Географическая серия. – № 1(58). – 2012. – С. 1-6.
- Позднякова В.А. Практическая авиационная метеорология: учебник. – УТЦ ГА, 2010. – С. 46.
- Сергей С.З. Атмосферная турбулентность и планетарные пограничные слои. – М.: ФизМатЛит, 2013. – С. 104.
- Сафанова Т.В. Оценка влияния метеорологических факторов на полет воздушного судна. – УВАУ ГА, Ульяновск 2008. Б-35.
- Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология: учебник. – М.: Издательство «Наука», 2006. – С. 4.
- Болелов Э.А. Метеорологическое обеспечение полетов гражданской авиации: Проблемы и пути их решения // Научный Вестник МГТУ ГА. – 2018. – С. 24.
- American Meteorological Society. (American Institute of Aeronautics and Astronautics, National Weather Association). Aerospace and Aeronautical Meteorology, 2009.
- Edward Aguado, James E. Burt. Understanding Weather and Climate (Masteringmeteorology), Future Aeronautical Meteorological Information Service Delivery. (Developed by the ICAO Meteorology Panel), 2018.
- Great Britain Meteorological office. (Handbook of aviation meteorology) H. M. Stat. Off, 1994. Б-123.
- Karl Heinz Hack. Aviation Meteorology. 2003
- Manual of Aeronautical Meteorological Practice. ICAO Doc 8896, Quebec, Canada, 2011
- Robert N. Buck. «Weather flying». Bibliography: p. 306. An Eleanor Friede book, New York, 1988.

Robin McIlveen Fundamentals of Weather and Climate  
Yashmitha Kumaran, N. Sumathi. Aviation meteorology. 2017  
flymeteo.org

### References

- Bogatkin O. G. (2005) Aviatsionnaya meteorologiya [Aviation meteorology].- Textbook. St. Petersburg-RGGMU, P-68-227.
- Bogatkin O. G. (2008) Aviatsionnaya meteorologiya dlya letchikov [Aviation meteorology for pilots].- St. Petersburg: RGGMU Publishing House, P-239.
- Orlova I. A. (2010) Otsenka parametrov atmosfery v tsiklonakh i antitsiklonakh i ikh vliyaniya na polet samoleta [Evaluation of atmospheric parameters in cyclones and anticyclones and their impact on the flight of the aircraft]. – Ed. Sarat. un-ta, P-25-27.
- Orakova G. O. (2014) Meteorologicheskiye usloviya obrazovaniya nizkoy oblachnosti [Meteorological conditions of low cloud formation], P-1-8.
- Polyakova S. E., Baraboshin A. N. (2012) Meteorologicheskiye usloviya obrazovaniya tumanov v aeroportu goroda Almaty i ikh vliyaniye an rabotu aviatsy [Meteorological conditions of fog formation at the Almaty airport and their influence on the work of aviation], // Bulletin of KazNU, Geographical Series, No. 1(58)..P-1-6.
- Pozdnyakova V. A. (2010) Prakticheskaya aviatsionnaya meteorologiya [Practical aviation meteorology]. – Textbook. UTC GA, P-46.
- Sergey S. Z. (2013) Atmosfernaya turbulentnost' i planetarnyye pogranichnyye sloi [Atmospheric turbulence and planetary boundary layers]. Moscow: FizMatLit, P-104.
- Safanova T. V. (2008) Otsenka vliyaniya meteorologicheskikh faktorov na polet vozdušnogo sudna [Assessment of the influence of meteorological factors on the flight of an aircraft]. – UVAU GA, Ulyanovsk. P-35.
- Khromov S. P., Petrosyants M. A. (2006) Meteorologiya i klimatologiya [Meteorology and Climatology]. – Textbook. Nauka Publishing House, 2006. P-4.
- E. A. Bolelov. (2018) Meteorologicheskoye obespecheniya poletov grazhdanskoy aviatsii: Problemy i puti ikh resheniya [Meteorological support of flights of grahdansky aviation: Problems and ways of their solution]. Scientific Bulletin of MSTU GA, P-24.
- American Meteorological Society. (2009) (American Institute of Aeronautics and Astronautics, National Weather Association). Aerospace and Aeronautical Meteorology.
- Edward Aguado, James E.Burt. Understanding Weather and Climate (Masteringmeteorology), Future Aeronautical Meteorological Information Service Delivery. (2018)// (Developed by the ICAO Meteorology Panel).
- Great Britain Meteorological office. (1994)//(Handbook of aviation meteorology) H. M. Stat. Off., P-123.
- Karl Heinz Hack. (2003) Aviation Meteorology.
- Manual of Aeronautical Meteorological Practice. (2011) ICAO Doc 8896, Quebec, Canada,
- Robert N. Buck. (1988) «Weather flying». Bibliography: p. 306.An Eleanor Friede book, New York,.
- Robin McIlveen Fundamentals of Weather and Climate  
Yashmitha Kumaran, N. Sumathi. (2017) Aviation meteorology.  
flymeteo.org

4-бөлім  
**РЕКРЕАЦИЯЛЫҚ ГЕОГРАФИЯ  
ЖӘНЕ ТУРИЗМ**

---

Section 4  
**RECREATION GEOGRAPHY  
AND TOURISM**

---

Раздел 4  
**РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ  
И ТУРИЗМ**

O. Taukebayev<sup>ID</sup>, M. Seitkazy\*<sup>ID</sup>, R. Salmurzauly<sup>ID</sup>,  
B. Sakhariyev<sup>ID</sup>, A. Aktymbayeva<sup>ID</sup>, A. Tussupkanova<sup>ID</sup>,  
G. Batay<sup>ID</sup>

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: moldirseytqazy@gmail.com

## CREATING SCHEMATIC MAP OF TOURIST ROUTES AND INFRASTRUCTURE OF AYUSAI GORGE (Ile-Alatau national park)

Today, the number of visitors to national parks grows exponentially every year, hence the anthropogenic load in the mentioned sites increases impacting flora and fauna, as well as other natural resources. To ensure tourism development in all regions, not only popular tourist destinations, creation of maps to ensure development of tourism industry and regulation of tourism activities are important tools, which indicate main tourism resources. User-oriented maps are designed to provide the geospatial information they need primarily for their interests to make geospatial decisions. Well-designed tourist maps may increase the attractiveness of a region and help meeting tourists' needs. This article presents the process of creating schematic map of routes and infrastructure along Ayusai Gorge for the sustainable development of tourist and recreational activities on the territory of Ile-Alatau National Park using GIS technology. Graphic and attributive data, namely digital raster and vector images, semantic information, the principle of layer-by-layer classification and coding of tourist destinations were used. The raster-vector transformation for data digitization was used within the research and thematic map layers were created on the basis of remote sensing (RS) data, point, linear and polygonal localization objects were digitized. The schematic maps of the routes of the Japanese trail, the Ayusai waterfall trail, the Myn Koz trail and the infrastructure map of Ayusai Gorge were created based on RS data. For the first time, when mapping this territory, satellite images were used and a database of tourist objects was created. The results of this work can be useful in the planning and travelling for consumers, as well as for the creation of a geoinformation database of the national park.

**Key words:** tourist routes, mapping, geographic information systems (GIS), remote sensing (RS).

O. Таукебаев, М. Сейтқазы\*, Р. Салмұрзаұлы,  
Б. Сахариев, А. Ақтымбаева, А. Тусупканова, Г. Батай  
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.  
\*e-mail: moldirseytqazy@gmail.com

### Аюсай шатқалы бойынша туристік маршруттар мен инфрақұрылымдардың карта-схемасын жасау (Іле Алатау ұлттық паркі)

Бүгінгі таңда ұлттық саябақтарға келушілердің саны жыл сайын геометриялық прогрессиямен өсуде, сондықтан аталған нысандардағы антропогендік жүктеме артып, флора мен фаунаға, сондай-ақ басқа да табиғи ресурстарға жүктеме әкеледі. Танымал туристік орындардың ғана емес, барлық аймақтарда туризмнің дамуын қамтамасыз ету үшін туризм индустриясының дамуын және туристік қызметті реттеуді қамтамасыз ету үшін карталар жасау негізгі туристік ресурстар көрсетілген маңызды құрал болып табылады. Пайдаланушыға бағытталған карталар геокеңістіктік шешімдер қабылдау үшін бірінші кезекте олардың мүдделері үшін қажет геокеңістіктік ақпаратты беруге арналған. Жақсы жасалған туристік карталар аймақтың тартымдылығын арттырып, туристердің қажеттіліктерін қанағаттандыруға көмектеседі. Мақалада ГАЗ технологияларын қолдана отырып, Іле-Алатау ұлттық паркі аумағында туристік-рекреациялық қызметті тұрақты дамыту үшін Аюсай шатқалы бойынша маршруттар мен инфрақұрылымдардың карта-схемасын жасау процесі қарастырылған. Жұмыста графикалық және атрибуттық мәліметтер, атап айтқанда, сандық растрлық және векторлық кескіндер, семантикалық ақпарат, туристік нысандарды қабаттарға жіктеу және кодтау принципі қолданылады. Зерттеу шеңберінде деректерді цифрлау үшін растрлық-векторлық түрлендіру пайдаланылды және ЖҚЗ деректері



негізінде карталардың тақырыптық қабаттары жасалды, нүктелік, желілік және полигондық локализация нысандары цифрландырылды. ЖҚЗ деректерінің негізінде Жапон соқпағының, Аюсай сарқырамасына апаратын соқпақтың, Мың Көз соқпағының карта-схемасы және Аюсай шатқалының инфрақұрылым картасы жасалды. Алғаш рет осы аумақты картографиялау кезінде ғарыштық түсірілімдер пайдаланылды және туристік нысандардың деректер базасы құрылды. Бұл жұмыстың нәтижелері тұтынушылар үшін саяхатты жоспарлау мен жүзеге асыруда, сондай-ақ ұлттық парктің геоақпараттық мәліметтер базасын құруда пайдалы болуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** туристік маршруттар, картография, географиялық ақпараттық жүйелер (ГАЗ), Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ).

О. Таукебаев, М. Сейтказы\*, Р. Салмурзаулы,  
Б. Сахариев, А. Ақтымбаева, А. Тусупканова, Г. Батай  
Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы  
\*e-mail: moldirseytqazy@gmail.com

### **Создание карты-схемы туристских маршрутов и инфраструктуры по ущелью Аюсай (Иле-Алатауский национальный парк)**

На сегодняшний день количество посетителей национальных парков с каждым годом растет в геометрической прогрессии, следовательно, увеличивается антропогенная нагрузка в упомянутых объектах, что ведет к нагрузке на флору и фауну, а также на другие природные ресурсы. Создание карт для обеспечения развития индустрии туризма и регулирования туристской деятельности во всех регионах, не только популярных туристских мест, является важным инструментом, где указаны основные туристические ресурсы. Карты, ориентированные на пользователя, предназначены для предоставления геопространственной информации, которая им нужна, в первую очередь, по их интересам для принятия ими геопространственных решений. Хорошо составленные туристские карты могут повысить привлекательность региона и способствовать удовлетворению потребностей туристов. В статье рассматривается процесс создания карты-схемы маршрутов и инфраструктуры по ущелью Аюсай для устойчивого развития туристско-рекреационной деятельности на территории национального парка Иле-Алатау с применением ГИС-технологий. В работе использованы графические и атрибутивные данные, а именно цифровые растровые и векторные изображения, семантическая информация, принцип послонной классификации и кодирования объектов туристского назначения. В рамках исследования было использовано растрово-векторное преобразование для оцифровки данных и созданы тематические слои карт на основе данных ДЗЗ, оцифрованы объекты точечной, линейной и полигональной локализации. На основе данных ДЗЗ были созданы карты-схемы маршрутов Японской тропы, тропы на водопады Аюсай, тропы Мын Коз и карта инфраструктуры ущелья Аюсай. Впервые при картографировании данной территории были использованы космоснимки и создана база данных туристских объектов. Результаты этой работы могут быть полезны при планировании и реализации путешествий для потребителей, а также для создания геоинформационной базы данных национального парка.

**Ключевые слова:** туристские маршруты, картографирование, геоинформационные системы (ГИС), данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

## **Introduction**

In Kazakhstan, there are various types of specially protected areas: from natural monuments to wildlife sanctuaries etc. (Ob osobo okhraniaemykh prirodnykh territoriiakh, 2013).

The system of specially protected natural areas as a whole is a large, highly complex and delicate structure. Purpose of national parks, along with their conservation function, is to establish of conditions for recreation and regulated tourism in a natural environment. (Perspektivy razvitiia ekoturizma v Kazakhstane, 2010).

Tourists need to use equipment, including tourist maps, among other things. Despite supposed popular use of general maps, tourists most often use trail maps. These are mainly maps (Uvarova 2012:1) at a scale greater than 1: 100,000, but also maps at a smaller scale covering lowland or less popular tourist areas. A separate subgroup of general maps intended for hikers can be identified. Such maps are complemented by smaller-scale inset maps that show hiking trail layouts and additional information related to selected hiking trail sections.

Maps for hiking in mountainous areas and lowlands constitute a separate category of maps (Jance-

wicz 2017:7). On maps for hiking in mountainous areas and lowlands, the general geographical basis should be worked out in sufficient detail, as well as natural features (lakes, waterfalls, caves, etc.) should be clearly localized. Terrain visualization is great significance not only for mountainous areas, but also for general recognition of any terrain, for estimating the difficulty of routes. The presence of relief increases the precision and attractiveness of the image, greatly facilitates the perception of the map. The icon method remains one of the main ways of displaying images on tourism maps. To demonstrate architectural, historical, archaeological sights, as well as sites and objects that merit the attention of tourists and excursionists, a variety of icons are being developed – geometric, letter, visual pictograms.

Thus, the main task of the tourism industry is to provide information with high-quality cartographic products, both traditional (tourist maps, map-charts, booklets) and modern (3D-digital models, audio and video materials, virtual tours, web-resources). Geographic information systems (GIS) are among such advanced technologies, containing a large amount of information and fully providing cartographic tourist requests (Kuzyk Z., Rutska L. 2019:92).

The promising possibilities of tourist GIS are:

1. Analysis and assessment of the resource potential for the development of different types of tourism.
2. Monitoring and forecasting of recreational needs and demand for tourism services.
3. Development of programs for the collection of information data on socio-economic indicators in the field of tourism, creation of a unified information network.
4. Development of schemes for the development and placement of tourist centers for different types of tourism.
5. Development of schemes for new effective forms of tourism, tours and routes.
6. Forecasting the development of the situation in the tourism market by region, depending on changes in the recreational needs of the population in the short and medium term.
7. Development of an algorithm for the formation of regional (municipal) tourism policy.
8. Assessment of the impact of tourism on the development of other sectors of the economy.
9. Determination of the territorial boundaries of tourism development, based on the real conditions of the ecological, socio-cultural and infrastructural state of the territories.
10. Coordination of activities for the development of regional tourism.

11. Providing users with tool search and view of the placement of tourist sites on an electronic map.

12. Providing tools for entering or correcting information on tourism objects.

13. Providing the ability to analyze the generalized characteristics or concentration of individual objects within selected fragment of an electronic map.

14. Visualization and printing of map fragments, as well as geodatabase “tourist and recreational potential of the territory” (Panin A.N., Makhmudov R.K., Prikhod’ko R.A., Umerenko A.A. 2014:572).

The use of GIS technology provides an opportunity for better analysis of the current situation, spatial representation of results, planning and management of tourist and recreational activities, which will allow obtaining benefits by optimising the management structure and tourist and excursion flows in the study areas.

Given the above, aim of creating a series of route and infrastructure maps of Ayusai Gorge in Ile-Alatau National Park based on GIS technology implies solving the following tasks:

- analysis of the experience of creating multi-tasking maps using RS data;
- creating of an interactive database in digital format;
- creating a schematic map based on RS data along three trails: Japanese, Ayusai waterfall, Myn Koz;
- introduction of attributive and geometric data with reference to the coordinates of routes of tourist trails, resting places, points of passage through water bodies, gazebos, tables, benches and other objects in the geobase;
- performing verification of objects along the trails, i.e. introduction of objects on the vector schematic map of the considered areas, taking into account the coordinate referencing;
- creation of a three-dimensional digital elevation model (DEM); and
- ultimately, to ensure sustainable development of tourist and recreational activities on the territory of the national park.

Thus, in order to promote and improve the services offered by the national parks, the results in the form of geographical maps will help to attract and discover new tourist destinations.

### Object of study

Ayusay Gorge is the left branch of the Big Almaty Gorge (BAU), about 6-7 km long, starting slightly east of the summit of the Big Almaty Peak

(Akulov 2017). There is Ayusai river in Ayusai gorge with a length about 7 km long (Kantarbaev S.S., Mynbaeva B.N. 2015:71).

*The Japanese trail.* Trail length: 10.2 km, trail of medium difficulty. The elevation difference is 597 metres. The current mountain serpentine is the remnants of a working road that was built during the construction of HPP-1. The tunnels through the mountains were driven by Japanese prisoners of war, who were in Camp 40, stationed in Almaty from 1939 to 1956 (Guzeva A, Aubaikirov I. 2019). The mountain serpentine is gentle and easy. The ascent along does not require much physical effort, and if you come from the side of Ayusai Gorge rather than the Kokshoky settlement, there is bicycle trail for tourists (Guzeeva A, Spivak N. 2019).

*The Myn Koz trail.* Volunteers are currently developing new walking tours. One of them is the Myn Koz trail. The length of the trail: 2.5 km, the level of difficulty of the trail is easy. The elevation difference is 92 m. It is suitable for parents with children and older people. The second trail will be specially equipped for disabled visitors. In the future, issue of acquiring cross-country wheelchairs is being considered (Today.kz 2020).

*The Ayusai waterfall trail.* The length of the trail: 1.9 km, the difficulty level of the trail is medium. The height difference is 415 m. Ayusai Gorge is famous for its many mountain waterfalls, of which there are more than five along the river. On the right of the waterfall there is a steep talus, and if climb up, you may go further along the path to the interior of Ayusay, sometimes losing sight of the familiar river. Soon the path will lead to a narrow rocky canyon where a second waterfall falls from a height of three metres (Turanga.group 2020). One of the tallest is the third waterfall, which falls steeply from a height of 12 metres.

## Materials and methods

Geographic information systems can be used in the study of large areas as well as local tourism sites (Vishnevskaya E.V., Bogomazova I.V., Litvinova M.I. 2012:179). A geodatabase is used for storing spatial and attributive data. In the geodatabase, objects and related attributes are structured as an integrated system with the help of rules, relations and topological relations. In addition to the tourism map, *databases of specialised digital maps* characterising recreational objects can be placed in the GIS:

- recreational facilities and tourism infrastructure;

- schemes of existing and prospective tourist routes;
- schemes of transport routes;
- natural monuments;
- architectural, historical and cultural monuments, etc.

Graphic and attributive data, namely digital raster and vector images, semantic information, the principle of layer-by-layer classification and coding tourist destinations, raster-vector transformation for data digitization and creation of thematic map layers using the space image were used in the work. Objects of different localization - point, linear, polygonal - have been digitized.

These types of work include georeferencing space images to a single coordinate system, vectorizing contours, creating shapefiles and updating the database. A vector layer of contour lines was created according to ALOS PALSAR DEM, three hiking trails and objects along Ayusai gorge were digitized.

The ability to identify and characterize features in an image depends on both the spatial and radiometric resolution of the image. When planning the creation of a cartographic output product, it is necessary to remember that the requirements determined by the map scale affect not only the accuracy of the contour positions, but also the detail of the situation representation, so it is necessary to make sure that all classes of objects can be interpreted (Adrov V.N., Karionov Iu.I., Titarev P.S., Chekurin A.D. 2005:4). Also, when selecting RS data for mapping, spatial resolution and image price are usually the main criteria.

Satellite images are interpreted using visual and automated methods. The technology of visual analysis is based on comparing available information array and the qualifications of a specialist.

Vectorization of interpreted objects by raster implies using raster image as a basemap for the creation of vector objects (Lur'e 2008). All three methods of vectorization were used in this work: manual vectorization in dialogue mode; interactive (automated) vectorization; automatic vectorization (About preparing raster data for vectorization 2019).

In this case, vectorization is performed in special software packages ArcGIS, QGIS for RS data processing and the software program forms a vector map, arcs in which repeat image pixels. As a result, a vector map is formed, in which the objects have a characteristic "serrated" boundary.

Satellite images obtained from the BirdsEye Satellite Imagery Garmin satellite, with a resolution of 2 m in GeoTiff format, were used to create digital maps as a source material, respectively, and Alos

Palsar matrix to create a digital elevation model (Oskorbin N.M., Sukhanov S.I. 2013:87).

*Creation of geographic and semantic database.*

A geographic information system is distinguished from other information systems by its spatial analysis function. Spatial analysis helps to identify trends in the data, create new relations from the data, view complex relations between data sets and make more informed decisions. Although data entry tends to take the longest time, GIS is used specifically for data analysis. To answer questions about the real world, analysis functions use spatial and nonspatial attributes in the database. Geographic analysis helps research of real-world processes through the development and application of models. Such models illuminate major trends in geographical data and thus make new information available.

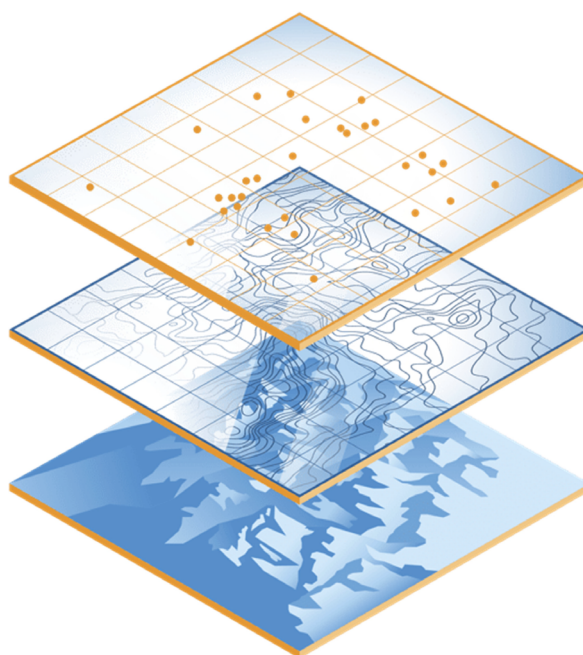
Before embarking on a geographic analysis, it is necessary to assess the problem and set a goal. Analysis requires stage by stage processes to arrive

at conclusions. The series of geographic analysis procedures can be divided into the following categories: database query, network analysis, overlap, digital terrain model, proximity analysis, statistical and tabular analyzes.

The procedure for creating the database includes the following:

- acquisition of graphic maps of the region;
- converting paper maps into digital maps by vectorization (digitization);
- creating a topology to establish relationships between map objects;
- conversion to real world coordinates.

To create tourist maps, it is necessary to integrate vector graphic shapes (for example, paths consisting of straight and curved lines), text information and images. A thematic layer is assigned to each type of object. Each layer brings together related features such as roads, buildings, or waterways. A traditional multi-layer model is used to integrate tourism data (Figure 1).



**Figure 1** – Extended layer model  
(Access Maps, Layers, and Data 2021)

Analyzing the above, GIS is presented as a set of methods and tools for managing and analysing spatial and related attributive (thematic) data and thus differs from mapping and computer-aided design systems, as well as other information systems.

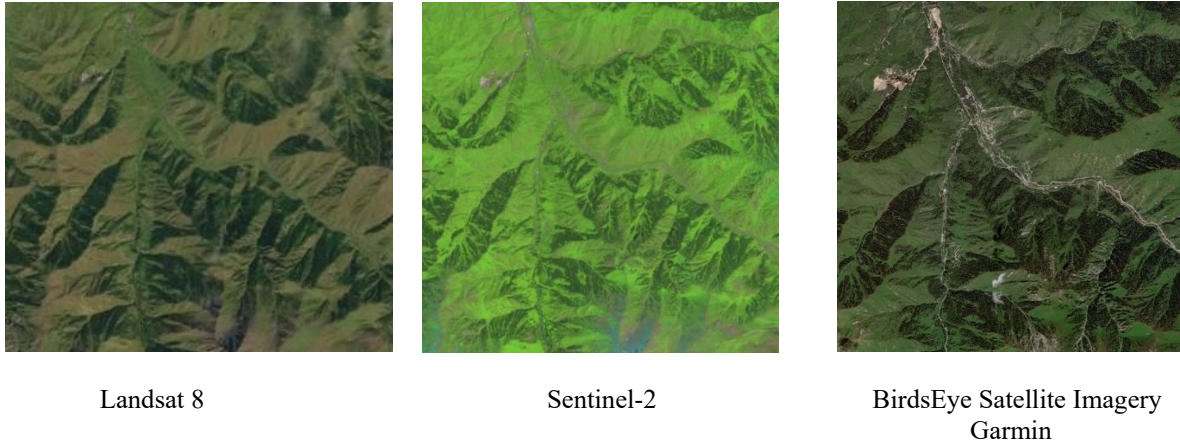
## Results and discussion

For a more accurate transfer of field data to a cartographic base, satellite images were *selected and interpreted*, assuming visibility, frequency and

regularity of acquisition, high spatial and radiometric resolution.

The next crucial point for the optimal selection of RS data is to define the requirements for the output products, i.e. their composition (orthophotomaps, digital maps, DEMs, etc.), accuracy and detail (determined by the scale of the output products).

The main characteristics of RS materials are the scale or spatial resolution of the imagery, its type (black and white, colour, multispectral, visible, infrared or radio bands of the electromagnetic wave spectrum), season and time of acquisition. The choice of images (Figure 2) with certain characteristics depends crucially on the purpose of the survey and the properties of the area to be covered.



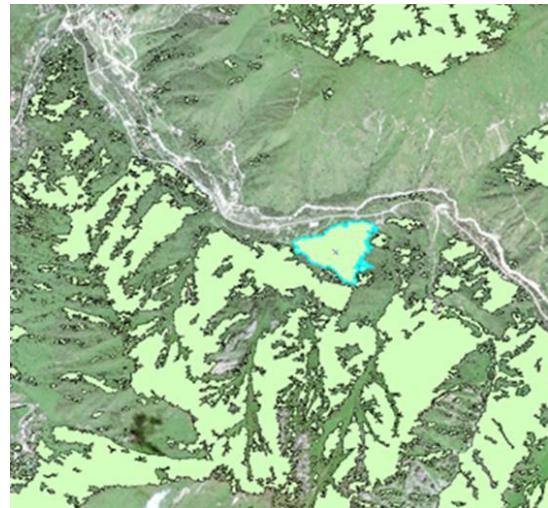
**Figure 2** – Selecting satellite images

In the course of our work, we carried out an interpretation of an area with a high degree of fragmentation of dense vegetation cover using an expert classification method on images taken in summertime.

The integration of the interpreted fragments into the final map was carried out using raster algebra techniques. It should be pointed out that the interpretation of vegetation with high-resolution imagery is subject to generalization problems. Detailed processing of high-resolution images (spatial resolution of 1-2 m) is redundant for the interpretation of vegetation classes. At the first stage information on initial images was generalized by filtering, at the final stage of the interpretation all segments with the insignificant area were deleted. The final result of the interpretation was converted from raster data to vector data (Figure 3).

Figure 4 shows object attributes, which is a special type of data file that stores information on each spatial object on the digital map (point, arc, or polygon). The figure shows that an “attribute layer table” includes a given set of fields (columns) and records (rows), the number of which is equal to the number of spatial objects in the digital map. Thus,

one digital map object corresponds to one record in the attribute table.



**Figure 3** – Land cover interpretation

The size of the object attribute must be sufficient for the longest stored value and is up to 254 for character type and up to 16 for numeric type, including number sign and decimal point.



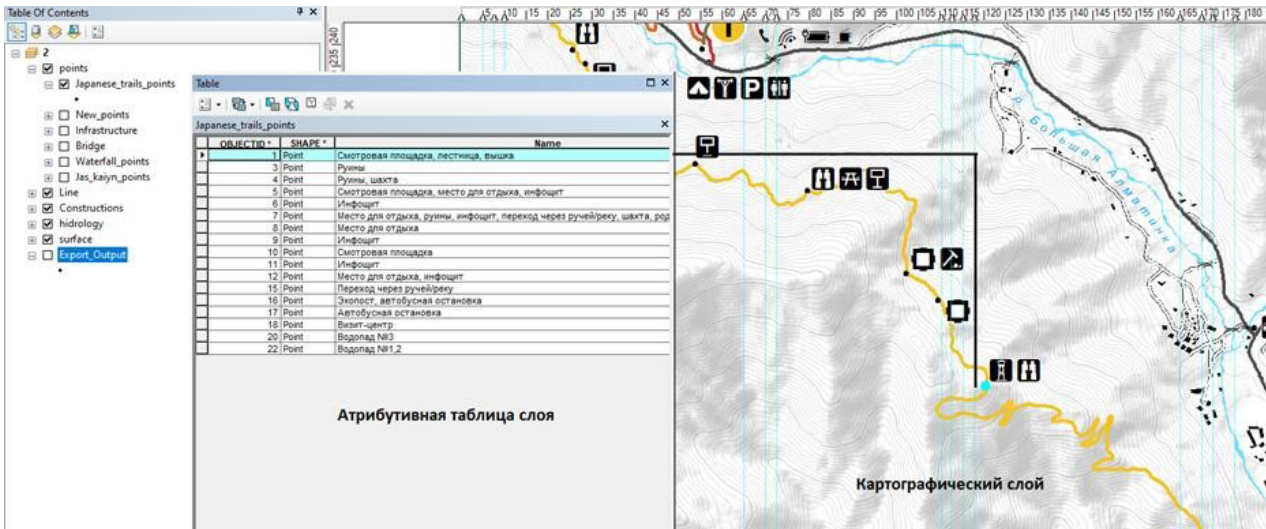


Figure 4 – Vector layer attribute table

The next step is map vectorization, which involves the process of converting a raster image into a vector graphic. A raster image is put together from pixels like a mosaic. Vector graphics are more precise because every line in the drawing is the result of mathematical modelling. Therefore, professionally performed vectorization of maps is necessary to display engineering schemes, relief,

buildings and structures as correctly as possible (D’iakonov V.V., Zhorzh N.V. 2008:38).

For further work in the program on the georeferenced map base we have formed the working layers: water bodies, forest plantations, roads, symbols of tourist objects (NPS Map Symbols, 2018). Figure 5 shows the stages of the object vectorization process.

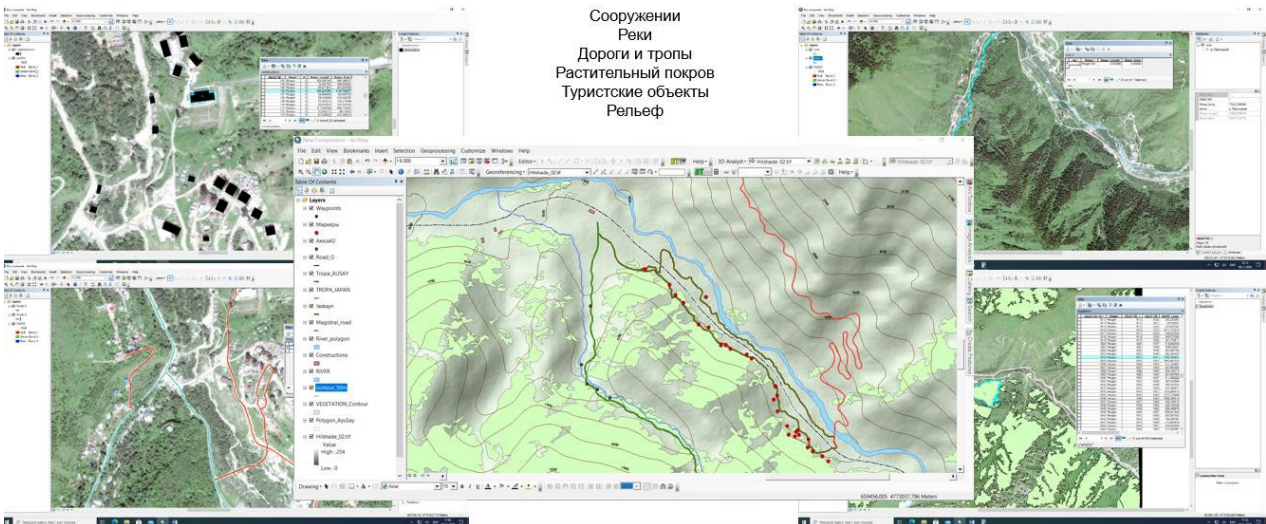


Figure 5 – Vectorization of objects

Before creating the surface, it is necessary to understand how accurate the model is in interpolating the values at the unknown points. Cross-validation and routine checks help to make an informed decision

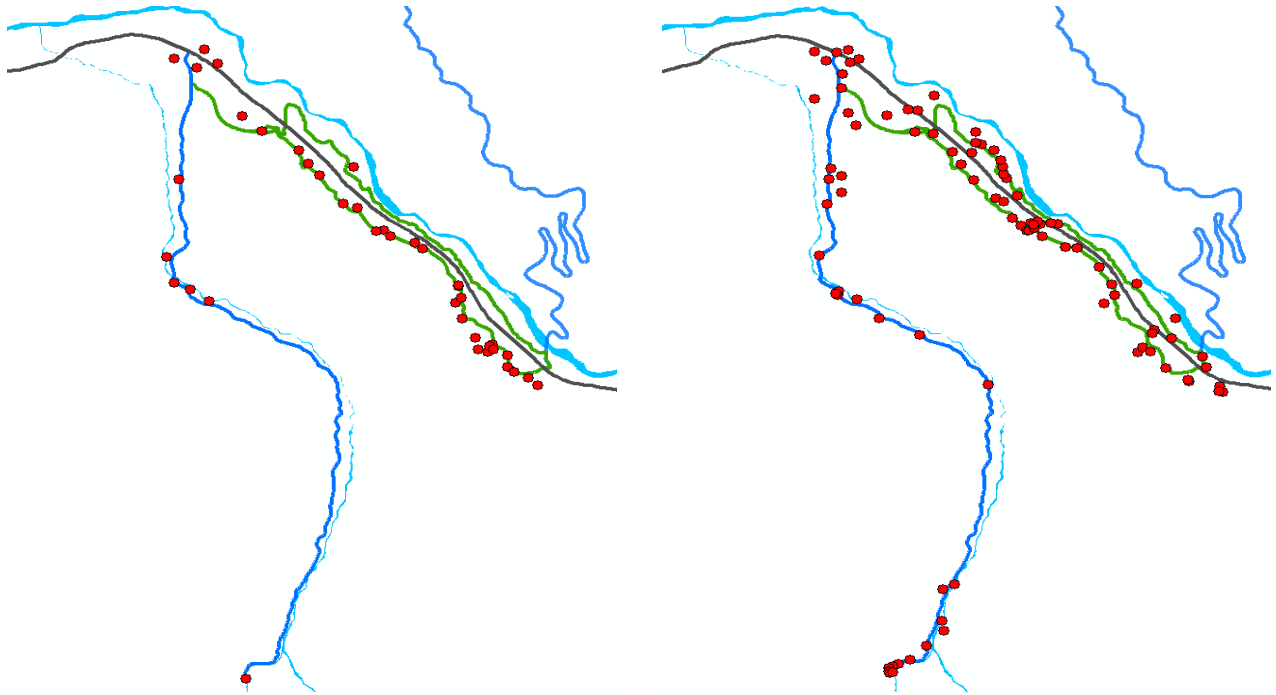
regarding the choice of model that will provide the best interpolation. Computational statistics serve as a diagnostic tool that shows whether the model and/or the values of the associated parameters are



acceptable. The checks are based on the following principle - removing one or more data locations and interpolating the associated values using the data in the remaining locations (Figure 6, 7) (Performing cross-validation and validation 2016).

Within the framework of the project «Creating a schematic map of tourist routes and

infrastructure of Ayusai Gorge (Ile-Alatau National Park)» the staff of Remote Sensing Centre together with the Department of Recreational Geography and Tourism organized a hike along each trail to verify the location of markers (tourist objects) on the map using a GPS device (Figure 8).



**Figure 6** – Markers before and after verification (Myn Koz trail and Ayusai waterfall trail)

Modern GPS receivers are extremely accurate due to their parallel multi-channel signal processing design. Garmin GPS receivers provide location accuracy of up to 15 metres 95% of the time. Users can typically observe accuracies in the range of 5 to 10 metres (16 to 33 feet) under normal conditions (Garmin Russia, 2021).

As a result of the work performed, a map of terrain elevations and vector objects of hydrography, roads, forests, settlements spread over layers was obtained (Figure 9). The created geodatabase also serves as a basis for other applications, as the created maps can be exported to a specific GIS.

After vectorization we move on to map design and layout - placement of the map image itself, title of map, legend, and another data inner the frame and on the fields of the map. If all the elements of the map are arranged appropriately, it is compact enough, i.e. the space of the map is organized rationally, and the image is visually balanced, then the layout of the map is considered successful.

Several factors were taken into account in the map layout: map projection; the shape of the depicted area (water area); its orientation within the frame; the need to show neighbouring areas; the size of the legend; the placement of inset maps; additional graphs, diagrams, etc.

Especially many problems arise when mapping territories with a complex non-compact configuration. Then the remote part of the territory can be given in the inset. In other cases, the protruding parts of the mapped area are displayed in the frame breaks. Sometimes the inset repeats the same area, but on a smaller scale. Sometimes several territories (or one territory several times) are freely placed on one sheet without frames, they are called “floating” layouts. Depending on the configuration of the territory, a place is chosen to place the name of the map, legend, scale inside or outside the frame - the design options are very diverse.

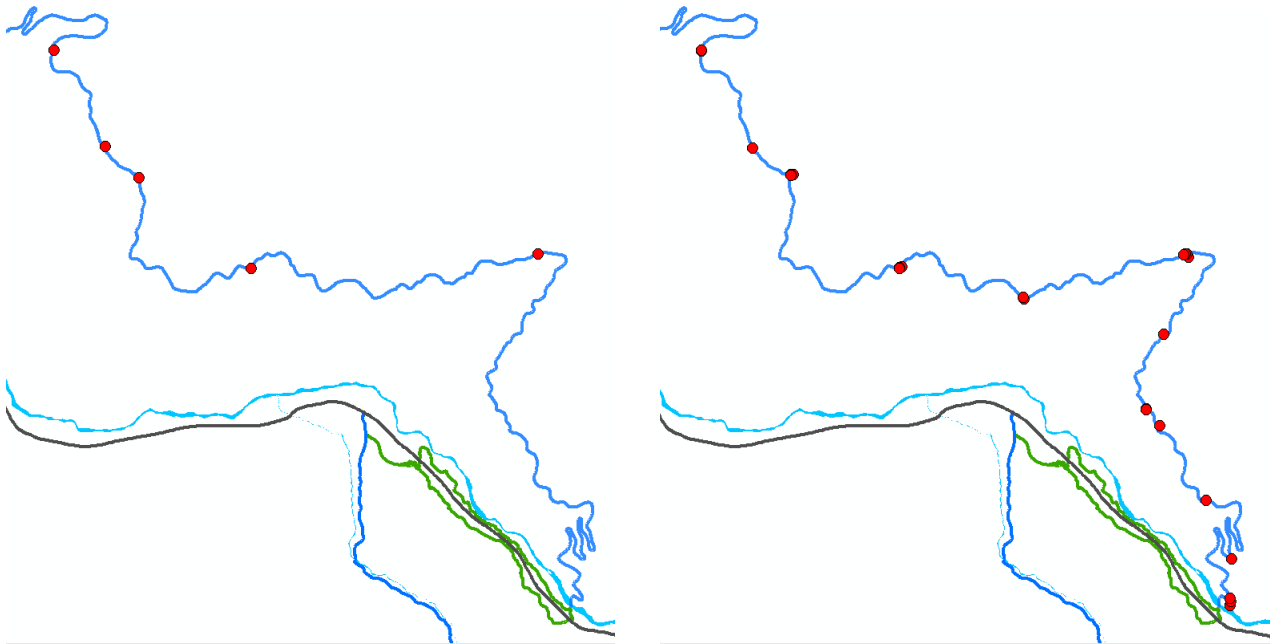


Figure 7 – Markers before and after verification (Japanese trail)



Figure 8 – Hike for verification along the Myn Koz trail, the trail to Ayusai waterfall trail and the Japanese trail

A map representation is constructed on a mathematical basis, the elements of which in a map are the map projection, the coordinate grids, the scale and the base. The choice of projection is influenced by many factors, which can be grouped as follows:

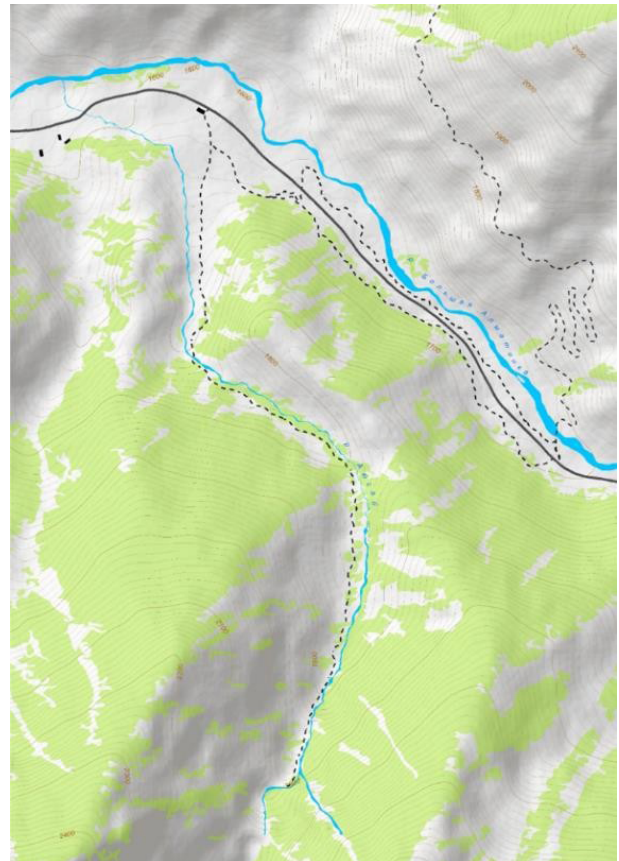
- the geographical features of the area to be mapped, its position on the globe, size and configuration;
- the purpose, scale and theme of the map, the intended audience;

- the conditions and uses of the map, the tasks to be performed on it, and the requirements for the accuracy of the measurements.

Using RS data, trail maps and infrastructure were created for three trails: Japanese Trail, Ayusai waterfall trail, and Min Koz Trail. The total length of the trails is 14.6 km, of which the Japanese Trail is 10.2 km, Ayusai waterfall trail 1.9 km, and Min Koz Trail 2.5 km (Figure 10).



Basemap of OpenStreetMap (OSM)



Digitized basemap with hillshade

**Figure 9** – Comparative result of vectorization (digitization)

*Creating a digital elevation and terrain model.* Digital elevation models (DEM) are one of the important modelling functions of geographic information systems, comprising two groups of operations. The first of these serves the task of creating a terrain model, while the second serves the task of using it.

A DEM is a quantitative representation of Earth's surface data and spatial information, which has become a vital source of elevation, slope and terrain information for scientific research and researchers. It replaces traditional paper topographic data sources and formats. It also takes over data structures for storing, displaying, and analyzing topographic information.

DEM can be derived from a variety of sources: interpolation of contour lines, existing topographic maps, field surveys and photogrammetry, with field surveys being the most accurate compared to other sources.

The Alos Palsar satellite image data was used to create DEM and altitude contours of the study

area, as well as to obtain the markings of the hiking trails' benches. All the images were atmospherically, geometrically and radiometrically corrected in ENVI 5.0 SP3, ArcGIS 10.7 and ArcGIS Pro 2.7 software.

Thus, the source data for the digital elevation model (DEM) was the ALOS PALSAR survey with 12.5 m resolution (Figure 11).

After the standard correction of the input data, DEM of the project area was recreated taking into account the correction of abnormal heights using the GPS coordinates of the terrain points. The resulting DEM was used to create a 3D terrain model and elevation isolines on the ArcGIS Pro platform.

The main stages of the technology for creating a digital terrain model based on satellite imagery using available cartographic materials include:

- collecting available cartographic materials, ordering satellite images;
- control of the correspondence of the coordinates of the points of the image and the terrain;
- recalculation of coordinates, frame transformation, accuracy check;



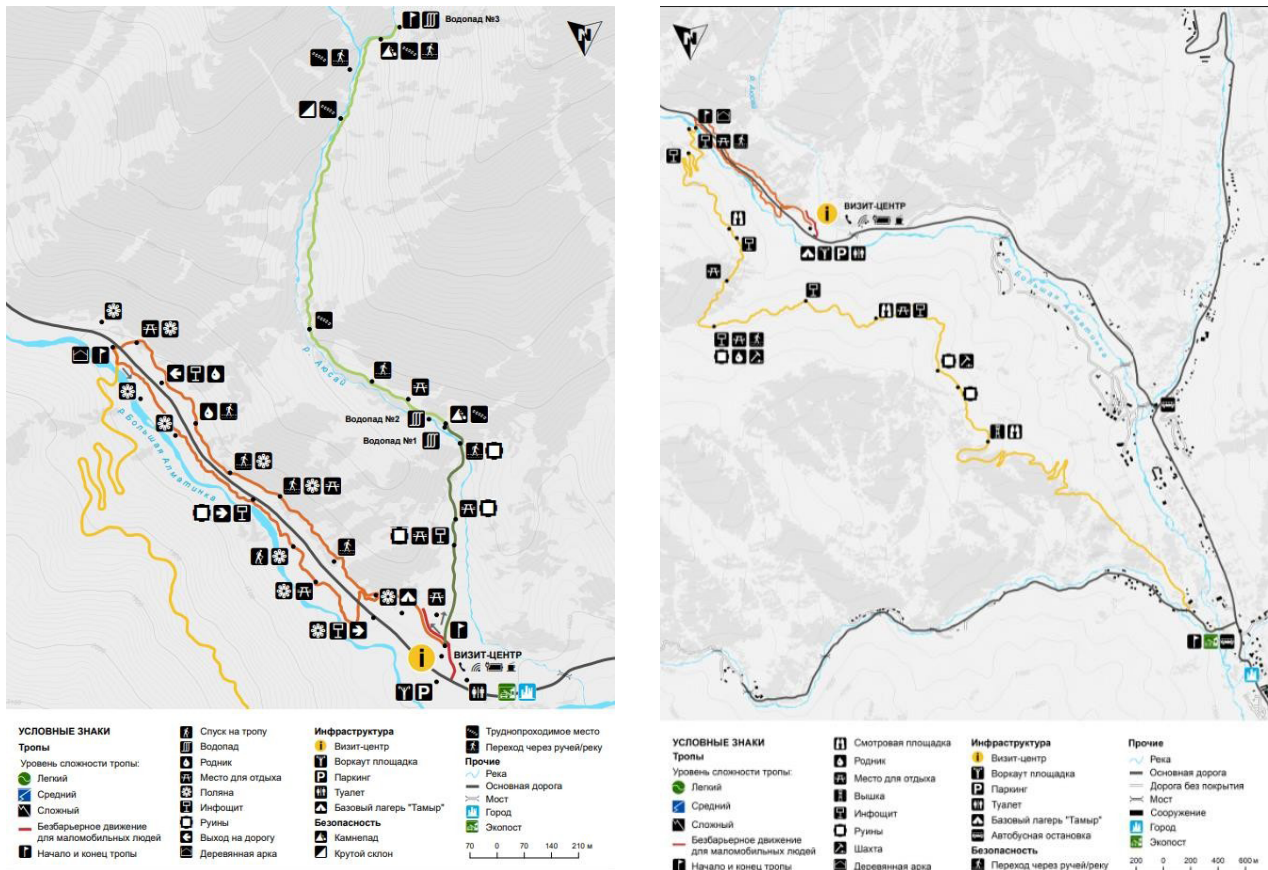


Figure 10 – The final version of the schematic map approved by Turanga Group LLP

- interpretation and creating layers of a vector map;
- creating the digital terrain model and verification of its accuracy;
- producing a hard copy of the map.

The first stage is the ordering satellite images and collection of existing cartographic materials. They can be used to estimate the geo-referencing error of the satellite image, as well as to create a digital terrain model.

It is also required to check the position of the image in the study area. An additional request to the image archive (catalog) is generated when “uncovered” areas are detected. If the contrast of the selected objects is disrupted, this operation is also performed. When it is necessary to correct the spectral brightness of the processed fragments, processed from several satellite images acquired at different times from different satellite orbits, then the initial information about the study area can be done in the ENVI program. The problem of ortho-rectification of an image arises after obtaining high-quality fragments.

A set of reference points and a digital elevation model with sufficient accuracy in elevation and in the plan are required for orthorectification. The determination of coordinates of reference points is commonly uncomplicated, but the situation with acquiring a digital terrain model is deadlocked. Highly accurate digital terrain models are the domain of the military. The American Alos Palsar terrain model with a spatial resolution of 5 m is the only thing that the ordinary user can rely on.

A survey base has been created in the form of a network of reference points, which are specially installed geodetic signs for photogrammetric processing of digital data received from Turanga Group LLP. The survey network became the basis for subsequent photogrammetric processing of the digital images. Satellite-based determinations have been completed in two steps in the research:

- acquisition of a large amount of satellite measurements;
- continue statistical processing with the determination of surveying points’ coordinates.

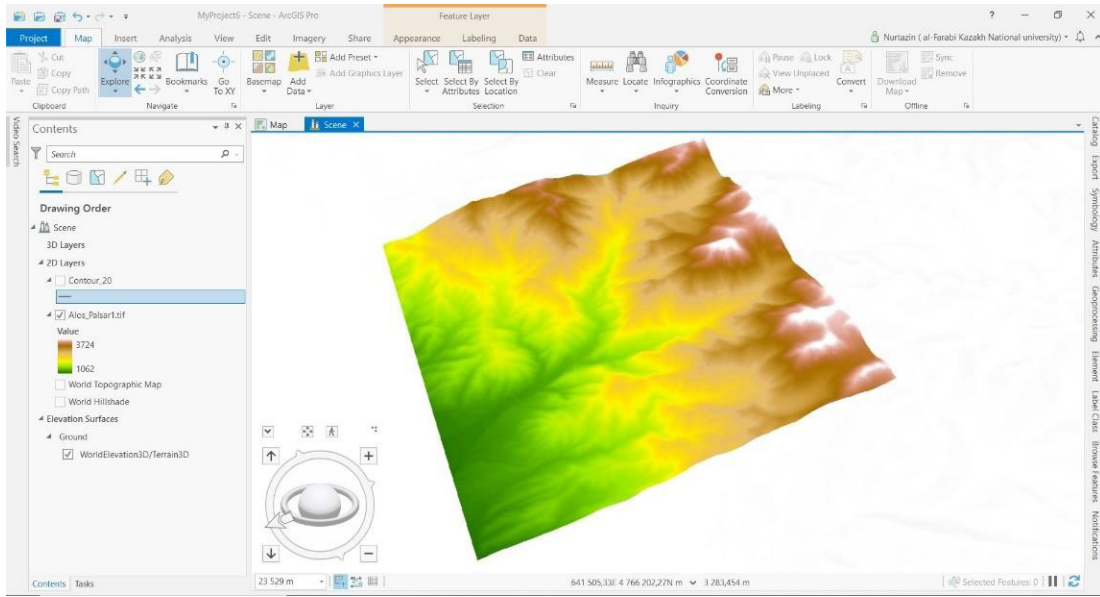


Figure 11 – Creating a digital elevation model of the Ayusai Gorge in ArcGIS Pro

Tasks of transferring points on a digital image in a pixel coordinate system to a terrain coordinate system, building on them digital irregular (TIN, Triangulated Irregular Network) and regular (DEM, Digital Elevation Model) surface models and textured terrain models (TMM, Textured Terrain Model) based on them and orthophotomaps were solved in the process of photogrammetric processing of the results of aerial photography of

the UAV. At an altitude of 170-200 m with 60% overlap of images, an aerial survey of the UAV was carried out. The coordinates of a large number of points on digital images, as well as a 3D model of the textured surface were obtained during photogrammetric processing (Figure 12). Large-scale orthophotomaps of the study area (M 1:1000) and a DEM were created as a result of the digital processing of the aerial photos.

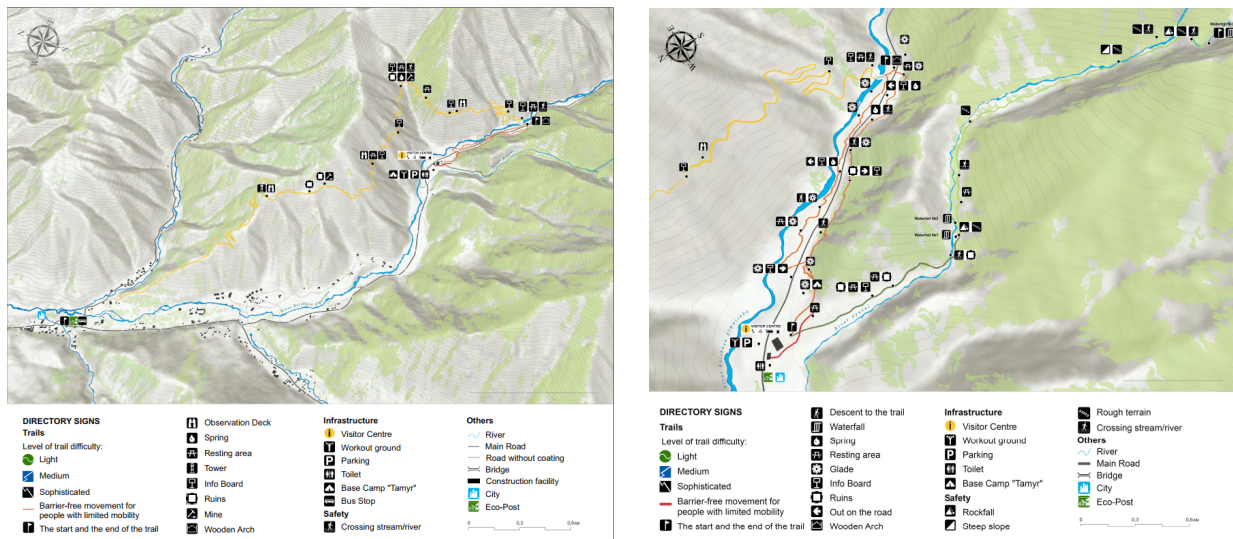


Figure 12 – Final version of 3D schematic map approved by Turanga Group LLP

Three-dimensional terrain modelling in the planning and development of tourist routes allows to clearly show the area, the features of the terrain.

### Conclusion

Taking into account the above, the set goal of creating a schematic map of routes and infrastructure along Ayusai gorge of the Ile-Alatau National Park based on GIS technologies involves solving the following tasks:

- analysis of experience in the creation of multi-tasking maps using RS data was carried out;
- an interactive digital database was created;
- using RS data, maps were created for routes and infrastructure along the Ayusai gorge (Japanese trail, Ayusai waterfall trail, Min Koz trail);
- attributive and geometric data were entered into the geodatabase with reference to the coordinates of the routes of tourist trails, resting places, points of passage through water bodies, gazebos, benches and other objects;
- verification of objects along the trails, indicated on the vector schematic map of the given area, was carried out;

– a three-dimensional digital elevation model (DEM) was created.

Thus, in order to promote and improve the services offered by the national parks, our geographical maps will help to attract and discover new tourist destinations.

### Financing

This study was financed and supported by the project «Creating a schematic map of tourist routes and infrastructure of the Ayusai Gorge (Ile-Alatau National Park)» under Contract No. 08-01 dated August 03, 2020.

### Acknowledgements

The authors express their gratitude to the General Director of Turanga Group LLP Guzhavin A.O., creative director Guzhavina D.A., scientific research coordinator Abdualieva B.B for the comprehensive support provided in conducting scientific research, as well as the acting assistant professor of the Department of Recreational Geography and tourism Artemiev A.M.

### References

2019. About preparing raster data for vectorization. ESRI. Accessed 12 2020, 30. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/arcscan/about-preparing-raster-data-for-vectorization.htm>.
2021. Access Maps, Layers, and Data. Accessed 03 2021, 15. <https://developers.arcgis.com/features/maps-and-data/>.
- Adrov V.N., Karionov Iu.I., Titarev P.S., Chekurin A.D. (2005). «Dannye DZZ dlia topograficheskogo kartografirovaniia – kriterii vybora [Remote sensing data for topographic mapping - selection criteria].» *Prostranstvennyye dannye* 4: 38-45. (In Russian)
- Akulov, G. (2017). *Vodopady Aiusaia [Ayusai waterfalls]*. 06 06. Accessed 03 13, 2021. <https://x-travels.ru/odnodnevnye-gornye-poxody/vodopady-ayusaya/>. (In Russian)
- D'iaconov V.V., Zhorzh N.V. (2008). *Komp'iuternye metody obrabotki geologicheskoi informatsii: Ucheb.posobie [Computer methods of processing geological information: Textbook]*. Moscow: RUDN. (In Russian)
- Florinskii I. V., Filippov S. V. (2018). «Trekhnernoe modelirovanie rel'efa: primeneniye paketa blender [3D terrain modeling: using the blender package].» Edited by A. V. Koshkarev, A. V. Koshkarev M. V. Gribok. *Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii InterKarto. InterGIS. Ekaterinburg: Ekaterinburg. 250-261.* (In Russian)
- Garmin.Russia. (2020). *Naskol'ko tochen GPS, kakaiia tochnost' priema signalov? [How accurate is GPS, what is the accuracy of signal reception?]*. 12 21. Accessed 03 13, 2021. <https://support.garmin.ru/support>. (In Russian)
- Guzeeva A, Spivak N. (2019). *Peshie marshruty: Iaponskaia doroga [Hiking Trails: Japanese trail]*. 07 09. Accessed 03 13, 2021. <http://raknagore.kz/peshie-marshruty-yaponskaya-doroga>. (In Russian)
- Guzeva A, Aubakirov I. (2019). *Peshie marshruty: staraia iaponskaia doroga [Hiking Trails: Old Japanese Road]*. 12 13. Accessed 03 13, 2021. <http://www.raknagore.kz/staraya-yaponskaya-doroga>. (In Russian)
- Jancewicz. (2017). «Tourist maps - definition, types and contents.» *Polish Cartographical Review* 49 (1): 27-41. doi:DOI: 10.1515/pcr-2017-0003.
- Kantarbaev S.S., Mynbaeva B.N. (2015). «Ekologiiia burogo medvedia v ushel'iax Zailiiskogo Alatau (Severnyi Tian'-Shan') [Ecology of a brown bear in the gorges of the Zailiyskiy Alatau (Northern Tien Shan)].» *Vestnik KazNPU im. Abaia, seriia «Estestvenno-geograficheskie nauki»* 70-77. (In Russian)
- Krylov. n.d. *Tekhnologiiia obrabotki gibridnoi graficheskoi informatsii [Hybrid graphics processing technology]*. Accessed 12 30, 2020. <http://it-claim.ru/Library/Books/ITS/wwwbook/ist6/krilov/krilov.htm>. (In Russian)
- Kuzyk Z., Ruttska L. (2019). «Method of creating the tourist GIS of the Busk district by using cartographic materials and remote sensing data.» *Modern achievements of geodetic science and production* 37 (1): 91-99. doi:DOI: 10.33841/1819-1339-2019-1-37-91-99.
- Lur'e. (2008). *Geoinformatsionnoe kartografirovanie [Geoinformation mapping]*. Moscow: KDU. (In Russian)



2018. «NPS Map Symbols.» National Park Service. 11 6. Accessed 12 30, 2020. [https://www.nps.gov/carto/hfc/carto/media/map\\_symbols1.pdf](https://www.nps.gov/carto/hfc/carto/media/map_symbols1.pdf).

Oskorbin N.M., Sukhanov S.I. (2013). «Sozdanie tsifrovoi modeli mestnosti na osnove kosmicheskikh snimkov vysokogo razresheniia [Creation of a digital terrain model based on high-resolution satellite images].» *Izvestiia Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta* 77 (1-2): 87-91. (In Russian)

Panin A.N., Makhmudov R.K., Prikhod'ko R.A., Umerenko A.A. (2014). «Geoinformatsionnoe i kartograficheskoe obespechenie razvitiia turizma v regionakh Rossii [Geoinformation and cartographic support of tourism development in the regions of Russia].» *Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii «InterKarto. InterGIS»*. Belgorod, Kharkiv (Ukraine), Kigali (Rwanda) and Nairobi (Kenya). 556-573. (In Russian)

2016. Performing cross-validation and validation. Accessed 12 30, 2020. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.4/extensions/geostatistical-analyst/performing-cross-validation-and-validation.htm>.

2010. Perspektivy razvitiia ekoturizma v Kazakhstane [Prospects for the development of ecotourism in Kazakhstan]. *Almaty: World monitor EUROBAK (European Business Association of Kazakhstan)*. (In Russian)

Today.kz. (2020). Kak razvivaiut ekoturizm v Ile-Alatauskom natsional'nom parke [How ecotourism is developed in the Ile-Alatau National Park]. 08 11. Accessed 03 13, 2021. <http://today.kz/news/turizm/2020-08-11/802745-kak-razvivayut-ekoturizm-v-ile-alatauskom-natsionalnom-parke/>. (In Russian)

Turanga.group. (2020). Vodopady — chudo prirody [Waterfalls - a miracle of nature]. 12 23. Accessed 03 13, 2021. <https://turanga.group/blog/vodopady-chydo-prirody/>. (In Russian)

Uvarova. (2012). «Klassifikatsii turistskikh kart kak osmyslenie opyta kartografirovaniia turizma [Classification of tourist maps as comprehending the experience of tourism mapping].» *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Kartografiia i geoinformatika v issledovaniikh izmenenii prirodnoi sredy i obshchestva', posviashchennoi 80-letiiu kafedry kartografii i geoinformatiki geograficheskogo fakul'teta MGU. Moscow*. (In Russian)

V. G. Kobernichenko, O. Iu. Ivanov, S. M. Zraenko. (2013). *Obrabotka dannykh distantsionnogo zondirovaniia Zemli: prakticheskie aspekty : ucheb. posobie [Earth remote sensing data processing: practical aspects: A Study Guide]*. Ekaterinburg: Ural University. (In Russian)

Vishnevskaiia E.V., Bogomazova I.V., Litvinova M.I. (2012). «Aktual'nye problemy ispol'zovaniia GIS v razvitiu regional'nogo turizma Belgorodskoi oblasti [Actual problems of using GIS in the development of regional tourism in the Belgorod region].» *Fundamental'nye issledovaniia* (3): 177-180. (In Russian)

2013. «Zakon Respubliki Kazakhstan ot 7 iulia 2006 goda № 175-III «Ob osobo okhraniaemykh prirodnykh [Law of the Republic of Kazakhstan dated July 7, 2006 No. 175-III «On Specially Protected Natural Areas» (with amendments and additions as of 03.07.2013)].» *Law*. Accessed 12 30, 2020. [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=30063141](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30063141). (In Russian)









5-бөлім  
**ГЕОЭКОЛОГИЯ**

---

Section 5  
**GEOECOLOGY**

---

Раздел 5  
**ГЕОЭКОЛОГИЯ**

Г.Т. Исанова<sup>1,2</sup> , К.М. Тыныбаева<sup>1</sup> , А.Б. Садуахас<sup>1\*</sup> ,  
Қ.Қ. Құлымбет<sup>1</sup> , А.К. Калыбаева<sup>1</sup> , С.И. Танирберген<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану

және агрохимия ғылыми-зерттеу институты, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>Орталық Азия экология және қоршаған орта ғылыми-зерттеу орталығы (Алматы),  
Қазақстан, Алматы қ.

\*e-mail: saduakhas.amandyk@gmail.com

## СОЛТҮСТІК-ШЫҒЫС АРАЛ ТЕҢІЗІНІҢ ҚҰРҒАҒАН ТАБАНЫНЫҢ ТОПЫРАҚТАРЫНЫҢ МОРФОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛГІЛЕРІ МЕН ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ТАЛДАУ

Арал теңізінің құрғаған бетінде топырақ түзілудің өзіндік үрдістері жүреді. Алдымен құрғаған теңіз бетінде теңіз маңының топырақтары түзіледі де, олардың ары қарай дамуы шөлді зоналық тип бойынша жүреді. Бастапқы қатты тұздану мен карбонаттылық фонында топырақ түзілу үрдістерінің әлсіз түрде дамуы жалпы заңдылық болып табылады.

Жүргізілген далалық зерттеулер нәтижесінде Солтүстік-шығыс Арал маңында таралған негізгі топырақ типтері мен олардың морфологиялық белгілері, химиялық құрамдары (катиондар мен аниондар, гумус, CO<sub>2</sub>, рН, сіңірілген негіздер), топырақтардағы ауыр металдар мөлшерлері (жалпы және жылжымалы) және ол топырақтардың тұздануының белгілі бір жақтары анықталды. Зерттеу аймағында келесі топырақ типтері анықталды: кәдімгі сор топырақ, тақыр тәрізді сор топырақ, тақырланған сор топырақ, шалғынды сор топырақ, теңіз маңының сор топырағы, шөлдің құмы, шөлдің тұзданбаған қоңыр топырағы. Арал теңізінің құрғауы нәтижесінде Солтүстік-шығыс Арал маңы топырақтарының өзгерістеріне салыстырмалы бағалау жүргізілді.

Теңіздің түбінің жалаңаштанған бетінде топырақ жамылғысының қалыптасуы мен дамуының басты факторы – шөлдік климат болып табылады. Бұл фактор теңіз тартылғаннан кейін тұздану үрдісінің дамуы мен аумақтың ары қарай тез аридизациялануына себепші болады.

**Түйін сөздер:** топырақ, сор топырақ, тұздану, топырақтар морфологиясы, карбонаттар, сіңірілген негіздер, ауыр металдар, дефляция, аридизация.

G.T. Issanova<sup>1,2</sup>, K.M. Tynybaeva<sup>1</sup>, A.B. Saduakhas<sup>1\*</sup>,  
K.K. Kulymbet<sup>1</sup>, A.K. Kalybaeva<sup>1</sup>, S.I. Tanirbergenov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>U.U. Uspanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry, Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>Research Centre for Ecology and Environment of Central Asia (Almaty), Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: saduakhas.amandyk@gmail.com

### Analysis of morphological features and chemical properties of the dried seabed soils of the North-Eastern Aral Sea region

On the dried-out surface of the Aral Sea, peculiar soil-formation processes take place. First, littoral soils whose development proceeds according to the zonal desert type. The general pattern is weak development of soil-forming processes on the background of strong initial salinity and carbonation.

As a result of conducted field researches the basic types of soils and their morphological, chemical properties, content of heavy metals (gross and mobile) and specific features of salinization of soils of north-eastern Aral region are determined.

The following soil types have been identified: typical solonchak, takyr-like and takyr solonchak, meadow solonchak, seaside solonchak, desert sand, brown desert non-saline soils. A comparative assessment of soil changes in the Eastern Aral Sea region as a result of the Aral Sea desiccation has been carried out. The leading factor of soil cover formation and development on the exposed seabed surfaces is the desert climate, which determines the development of salinization process after the sea receded, followed by rapid aridization of the area.

**Key words:** soil, solonchak, salinity, soil morphology, carbonates, absorbed bases, heavy metals, deflation, aridization.

Г.Т. Исанова<sup>1,2</sup>, К.М. Тыныбаева<sup>1</sup>, А.Б. Садуахас<sup>1\*</sup>,  
К.К. Кулымбет<sup>1</sup>, А.К. Калыбаева<sup>1</sup>, С.И. Танирбергенов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский научно-исследовательский институт почвоведения  
и агрохимии имени У.У. Успанова, Казахстан, г. Алматы  
<sup>2</sup>Научно-исследовательский центр экологии и окружающей среды  
Центральной Азии (Алматы), Казахстан, г. Алматы  
\*e-mail: saduakhas.amandyk@gmail.com

### Анализ морфологических признаков и химических свойств почв обсохшего дна Северо-Восточного Приаралья

На высохшем дне Аральского моря происходят своеобразные процессы почвообразования. В первую очередь, приморские почвы, развитие которых протекает по зональному пустынному типу. Общей закономерностью является слабое развитие процессов почвообразования на фоне сильного исходного засоления и карбонатности.

В результате проведенных полевых исследований определены основные типы почв и их морфологические, химические свойства, содержание тяжелых металлов (валовый и подвижный) и специфические черты засоления почв Северо-Восточного Приаралья.

Определены следующие типы почв: солончак обыкновенный, солончак такыровидный и отакыренный, солончак луговой, солончак приморской, песок пустынный, бурая пустынная незасоленная почва. Проведена сравнительная оценка изменения почв Восточного Приаралья в результате обсыхания Аральского моря. Ведущий фактор формирования и развития почвенного покрова на обнажившихся поверхностях морского дна – пустынный климат, определяющий после отступления моря развитие процесса засоления с последующей быстрой аридизацией территории.

**Ключевые слова:** почва, солончак, засоление, морфология почв, карбонаты, поглощенные основания, тяжелые металлы, дефляция, аридизация.

### Кіріспе

Арал маңы топырақтарының экологиялық және химиялық жағдайы көптеген отандық және шет елдік зерттеулердің арқауы болды. Соған қарамастан, бұл қазіргі таңда егжей-тегжейлі зерттеуді қажет ететін маңызды мәселелердің бірі.

Арал теңізінің құрғаған табанының бетін және Арал маңы топырақтарының мониторингін жүргізу, ондағы жүріп жатқан үрдістердің динамикасын зерттеу, аймақтың экологиялық жағдайын бағалау әлі күнге дейін өзекті сұрақ болып табылады (Томина, 2009: 11-15; Козыбаева, 2015; Международный Фонд спасения Арала, 2003).

Арал теңізінің құрғаған жерлеріндегі түп шөгінділерінде топырақ түзілу үрдістері тән. Теңіздің құрғаған табанының жалпы ауданы 1,8 млн. га, олардың 60 %-ы – сор топырақтар (Issanova, 2015, 12:3213-3224).

Қазіргі таңда Арал теңізінің құрлық белдеулері жүз елу шақырымнан астам. Жалаңаштанған түп шөгінділері теңіз, өзен және аралас генезисті шөгінділерден тұрады.

Теңіздің құрғаған табанының жазық жер бедері, территорияның ағынсыз тегіс болуы және жер асты суларының жер бетіне жақын орналасуы топырақтардың қарқынды тұздануына

жағдай жасайды. Сол себепті құрғаған жерлердің негізгі бөлігінде сор топырақтар таралған.

Арал теңізінің құрғаған жерлерінде топырақ түзуші факторлардың әсерімен дамуы негізінде шөлді-зоналық типтегі теңіз маңы топырақтары түзіледі.

Теңіз түбінің топырақтары кешенінде шалғынды-батпақты, тақыр тәрізді, сор (алғашқы, теңіз маңы, қабыршақты, қабыршақты-үлпекті, сор), теңіз маңы топырақтары, құмдар басым болып келеді (Почвы Казахской ССР, 1983: 238-248; Фаизов, 2003: 97-101).

Өзгеріп отыратын гидрогеологиялық жағдайлар мен аридті климаттың әсерінен уақыт бойынша топырақтардың дамуы гидроморфтыдан автоморфтыға алмаса отырып жүреді.

Жеңіл литологиялық құрамда топырақтардың дамуы әдетте эолдық эрозиялық-аккумулятивті жер бедерінің түзілуімен аяқталады. Ауыр механикалық құрамда жетілген сор типтегі шөл топырақтары түзіледі, олар уақыт өте келе тақыр топырақтарға өзгереді. Жабық бассейндер мен лагуналарда әдетте сор топырақтар түзіледі.

Топырақ түзілу үрдістерінің негізгі бағыты Арал теңізінің түбінен шыққан топырақ литологиясына байланысты екені ескерілетін жағдай. Жеңіл топырақтарда тұздарды кептіру және шашырату үрдістері қарқынды жүреді, ал ауыр топырақтарда баяу жүреді. Нәтижесінде

ауыр топырақтарда тақыр тәрізді топырақтар қалыптасса, жеңіл топырақтарда теңіз жағалауы топырақтары қалыптасады.

Топырақ жамылғысының қалыптасуы ландшафт түзілудің әр түрлі факторларымен байланысты және түп шөгінділерінің литологиясына, теңіз түбінің жер бедеріне, теңіз суының минерализациясына және климат әсеріне қарай анықталады (Issanova, 2017: 243-250).

Құрғаған теңіз түбінде дамитын геоморфологиялық үрдістер акваторияның әр түрлі бөліктерінде біртекті емес, яғни, құрғаған жағалау түрімен анықталады.

Бұған құрғаған белдеулерінің ені, көлбеуі, литологиясы, микро жер бедері, тұздануы және т.б. тығыз байланысты болады (Stulina, 2004: 121-125).

Арал теңізінің құрғау үрдістері теңіздің құрғаған табанының топырақ жамылғысының жаңа формациясының түзілуіне әкелді. Жаңадан түзілген құрлық топырағын зерттеу өте маңызды. Өйткені ол айтарлықтай қашықтыққа таралатын шанды дауылдар мен тұздардың қайнар көзі болып табылады (Kotlyakov, 2010: 4-38). Демек, қазіргі кезде шанды-тұзды дауылдар топырақтың және өсімдіктердің деграляциясының негізгі факторларының бірі болып отыр.

Дефляция үрдістері, топырақтың су және тұз режимдері көбінесе Арал теңізінің құрғап жатқан белдеуінің ландшафттарының даму динамикасын анықтайды. Сондықтан шөлейттену дәрежесін бағалауда, құрғаған жолақтардан тұздардың көшуін бақылауда, өсімдік жамылғысымен топырақтарды бекіту мүмкіншіліктерін анықтауда және экологиялық жағдайды жақсартуда оларды ескеру қажет (Каражанов, 2005: 123-124).

Арал теңізінің құрғаған табанында қалыптасқан ірі массивтегі тұзды жерлер (маршты сортаңтар, теңіз маңы сортаңдары, т.б.) аймақтағы экологиялық ахуалдың шиеленісуіне әкеліп соқты. Осыған орай солтүстік-шығыс Арал өңіріндегі топырақтың морфологиялық белгілері мен химиялық құрамын зерттеу және талдау маңызды болып табылады. Өйткені, топырақ дефляция кезіндегі ұшқан материалдардың химиялық құрамын білу қажет. Себебі, құрғаған теңіз табанынан ұшқан тұзды-шанды аэрозольдер топырақтың және өсімдіктердің деграляциясына, сонымен қатар климаттың өзгеруіне ықпал етеді. Нәтижесінде, Арал теңізі аумағы топырақтары қатты сортаңдануына ұшырайды, бұл ішкі дренажды бассейндерде сортаң шөлді

аймақтардың өсуіне, суармалы жерлердің сортаңдануына және жалпы прогрессивті шөлейттенуге, соның ішінде өсімдіктердің деграляциясына әкеледі. Сондықтан құрғаған теңіз табанының топырағын жан-жақты зерттеу маңызды.

### Зерттеу нысаны мен әдістері

Зерттеу нысаны Арал маңының құрғаған табанының топырақ жамылғысы болып табылды. Арал маңының климаттық жағдайы өте қатаң. Көлемі шағын Арал теңізінің тропикалық емес шөл аймағында орналасуы климаттың күрт континенталдылығына әкеліп соғады. Жазы құрғақ және ыстық, қысы суық, ауа-райы тұрақсыз (Pankova, 1996).

Мұндағы аумақтың едәуір бөлігін дельта-аллювиалды жазықтар алып жатыр. Олардың кейбіреулері салыстырмалы түрде тұщы шөгінділерден (оңтүстік-шығыс бөлігі), ал көп бөлігі айнала қоршап тұрған үштік бор кезеңі үстірттерінен аққан сулармен әкелінген тұзды саздардан тұрады (шығыс және солтүстік) (Qadir, 2009: 134-149).

Далалық экспедиция 2020 жылдың жазының басында жүргізілді. Арал теңізінің солтүстік-шығыс бөлігіне далалық экспедициялар кезінде топырақ кескіндері салынып, топырақ сынамалары алынды және сынамалар алынған нүктелерінің координаттары анықталды. Далалық зерттеу барысында 21 топырақ кескіндері алынып, топырақтың морфологиялық белгілері мен химиялық құрамдары бойынша 7 топырақ типіне топтастырылды.

Зерттеу әдістемесі топырақтың морфологиялық белгілерін, химиялық құрамын, сондай-ақ микроэлементтерді егжей-тегжейлі зерттеуге арналған далалық зерттеулерді қамтыды.

Далалық зерттеулер кешенді сипатта жүргізіліп, топырақ кескіндерін салу кезінде жергілікті жердің өсімдік жамылғысы, өсімдіктердің қай туысқа жататындығы және нақты түрлері (құрамы, жай-күйі және жобалық жабыны) анықталды. Далалық зерттеуге келесі міндеттер кірді: жер бедерін сипаттау, негізгі учаскелерді таңдау, топырақ кескіндерін салу, генетикалық қабаттары бойынша топырақ бетін морфологиялық сипаттау, топырақ үлгілерін алу. Топырақты сипаттау стандартты үлгі бойынша жүргізілді. Топырақ үлгілері Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институтының зертханасында

талданды және топырақтардың келесі химиялық құрамдары анықталды: су сүзіндісінің толық құрамы бойынша тұздардың мөлшері, яғни оның аниондары ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) мен катиондары ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ) ГОСТ 26425-85 бойынша, су сүзіндісінің рН көрсеткіші ГОСТ 26423-85 арқылы, органикалық заты (гумус) ГОСТ 23740 – 79 бойынша, карбонаттар ( $\text{CO}_2$ ) ГОСТ 26425-85 бойынша, сондай-ақ микроэлементтердің (Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Co, Mn және т.б.) құрамы ГОСТ 27262-87 арқылы анықталды.

### Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Зерттеу нәтижесінде топырақтың келесі түрлері анықталды: кәдімгі сор топырақ, тақыр тәрізді сор топырақ, тақырланған сор топырақ, шалғынды сор топырақ, теңіз маңы сор топырағы, шөлді құм, шөлдің қоңыр топырағы. Зерттелген топырақ түрлері морфологиялық белгілері және химиялық құрамы бойынша өзара айрықшаланды.

**Кәдімгі сор топырақ.** N 45,65578, E 60,98423, H=51м.

*Морфологиялық белгілері:* Далалы жазық. Өсімдік жамылғысы: тетыр-бұта. Жобалық өсімдік жабыны – 25%. Кескіннің тереңдігі – 100 см. Гумус қабатының қалыңдығы A + B = 35 см. Тұз қышқылынан қайнауы беткі қабатынан бастап байқалады. Көрінетін карбонаттар жоқ (1A-сурет).

Жоғарғы (0-10 см) горизонттағы гумус мөлшері айтарлықтай емес, 0,99% құрайды, кескін тереңдеген сайын оның мөлшері 0,66%-ға дейін төмендеді (2-сурет).  $\text{CO}_2$  карбонаттарының мәні кескіннің төменгі бөлігіндегі максимуммен 7,73-тен 8,51%-ға дейін өзгереді (3-сурет). Топырақ ерітіндісінің реакциясы бүкіл кескін бойынша сілтілі, яғни, рН 8,29-8,46 аралығында өзгереді (4-сурет). Топырақ горизонттарындағы сіңірілген негіздер жиынтығының максималды мәні 100 г топыраққа – 55,37 мг-экв және топырақ тереңдігіне қарай 45,72 мг-экв-ке дейін төмендейді. Сіңірілген негіздердің құрамында натрий катионы басым, кальций мен магний катионының үлесі де жоғары (5-сурет). Кәдімгі сор топырақ басқа сор топырақтардан қарағанда жоғары  $\text{CO}_2$  мөлшерімен және сіңірілген негіздерімен ерекшеленді. Сіңірілген негіздерінің құрамында натрий иондары көп болды (47 %).  $\text{Na}^+$  болуы топырақтың рН көрсеткішімен тығыз байланысты. Натрий кати-

оны топырақ ортасына сілтілі реакция беріп, көп мөлшерде өсімдіктердің жойылуына әкеледі, топырақ құрылымын бұзады (Semenov, 2009: 30-32).

Ауыр металдардың жалпы мөлшері топырақтың 0-50 см қабатында келесі шектерде болды: мырыш 37,06-45,86 мг/кг, мыс 21,33-32 мг/кг, кадмий 9-11,7 мг/кг, қорғасын 13,2-17,46 мг/кг, никель 25,2-30,4 мг/кг, кобальт 7,7-9,06 мг/кг, марганец 236-343,8 мг/кг. Кадмийден басқа барлық зерттелген элементтер топырақтағы кларк шегінде екені анықталып, мөлшері ШРК-дан аспады. Кадмий мөлшері ШРК-дан 10 есе жоғары болды.

Ауыр металдардың жылжымалы мөлшері топырақтың 0-50 см қабатында келесідей өзгерді: мырыш 3,76-6,03 мг/кг, мыс 0,7-1,4 мг/кг, кадмий анықталмады, қорғасын 2,1-3,1 мг/кг, никель 0,13-0,5 мг/кг, кобальт 0,06-0,2 мг/кг, марганец 161,46-206,1 мг/кг, темір 22,4-49,63 мг/кг. Жылжымалы формалардың ішінен тек марганец ШРК-дан асты.

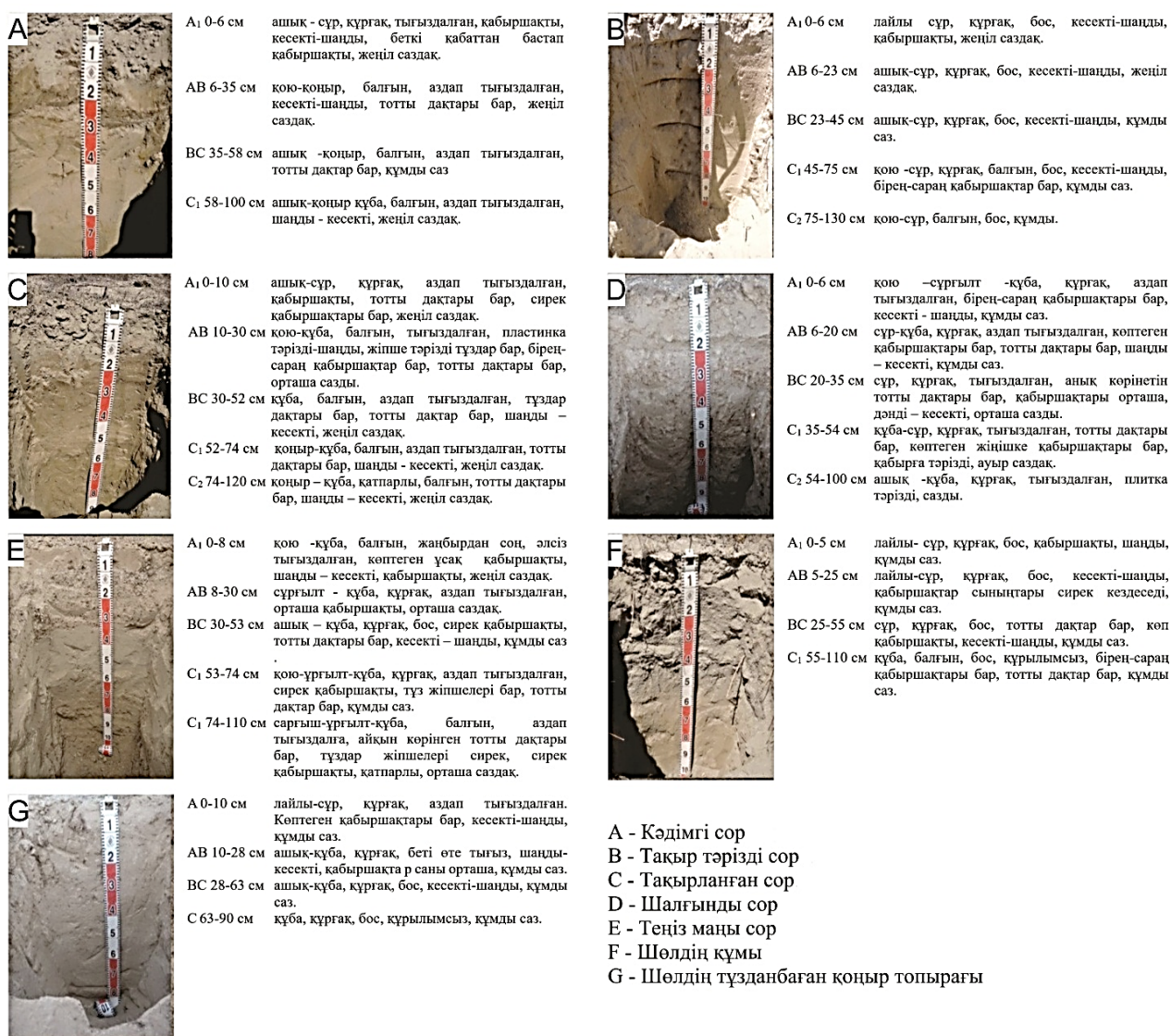
Көптеген микроэлементтер үшін булану концентрациясы литосфераның кларкына жақын. Топырақтар өздері қалыптасқан топырақ түзуші жыныстардың элементтік құрамына ұқсас құрамды болады. Топырақтағы микроэлементтердің негізгі тасымалдаушылары сазды минералдар, Fe және Mn гидроксидтері, күкірт, карбонаттар және органикалық заттар болып табылады (Ильин, 2012: 220; Kabata-Pendias, 2011: 548).

**Тақыр тәрізді сор топырақ.** N 45,77021 E 61,01485; H=45 м.

*Морфологиялық белгілері:* Тегіс жазық. Өсімдік жамылғысы эфемерлі-жүзгінді-сексеуілді. Өсімдіктердің биіктігі – 10-15 см, бұталары 1,5 м-ге дейін. Жобалық жабыны – 40 %. Кескін тереңдігі – 130 см. Гумус қабатының қалыңдығы A+B=23 см. Жоғары қабатынан бастап тұз қышқылынан қайнайды. Көзге көрінетін карбонаттар мен тұздар жоқ (1B-сурет).

Әдетте бұл топырақтар ежелгі аллювиалды-дельталық шөлейттенген жазықтарда кездеседі. Мұндай тегіс тұйық ойпатты тақыр тәрізді беттерге тұздар маңайындағы сәл көтеріңкі кеңістіктердің топырақ бетінен атмосфералық жауын-шашынның ағынымен шайылып келеді. Жер асты сулары өте терең, минералданған, топырақтың жоғарғы қабаттарымен тікелей байланысы жоқ (Боровский, 1978).





A - Кәдімгі сор  
 B - Тақыр тәрізді сор  
 C - Тақырланған сор  
 D - Шалғынды сор  
 E - Теңіз маңы сор  
 F - Шөлдің құмы  
 G - Шөлдің тұзданбаған қоңыр топырағы

1-сурет – Солтүстік-Шығыс Арал маңы топырақтарының топырақ профилі және морфологиялық белгілері

Бұл сор топырақтарда гумустың мөлшері аз, яғни 0,49-0,14% болды және кескін бойымен тереңдігіне қарай төмендеді (2-сурет). CO<sub>2</sub> карбонаттарының мәні 4,86-дан 5,38% дейін өзгереді және кескін тереңдігі бойынша біркелкі таралды (3-сурет). Топырақ ерітіндісінің реакциясы 7,79-8,18 аралығында болды (4-сурет). Сіңірілген негіздердің жиынтығы шамалы, 100 г топыраққа шаққанда 8,08-13,07 мг-экв аралығында болды. Сіңірілген негіздердің құрамында кальций катиондары басым (90-95 % дейін), екінші кезекте магний катиондары (2-5 %) болды (5-сурет).

Ауыр металдардың жалпы мөлшері топырақтың 0-50 см қабатында келесі шектерде өзгерді: мырыш 28,8-32,8 мг/кг, мыс 2,5-5,4 мг/

кг, кадмий анықталмады, қорғасын 3,8-4,9 мг/кг, никель 10,2-13,8 мг/кг, кобальт 2,8-2,26 мг/кг, марганец 142,5-188,53 мг/кг.

Ауыр металдардың жылжымалы мөлшері топырақтың 0-50 см қабатында келесідей өзгерді: мырыш 2,26-3,36 мг/кг, мыс 0,8-0,86 мг/кг, кадмий анықталмады, қорғасын 2,1 мг/кг, никель 0,2-0,33 мг/кг, кобальт 0,03-0,05 мг/кг, марганец 96,7-119,36 мг/кг, темір 31,1-41,8 мг/кг. Барлық ауыр металдардың жалпы және жылжымалы формалары ШРК-дан аспады.

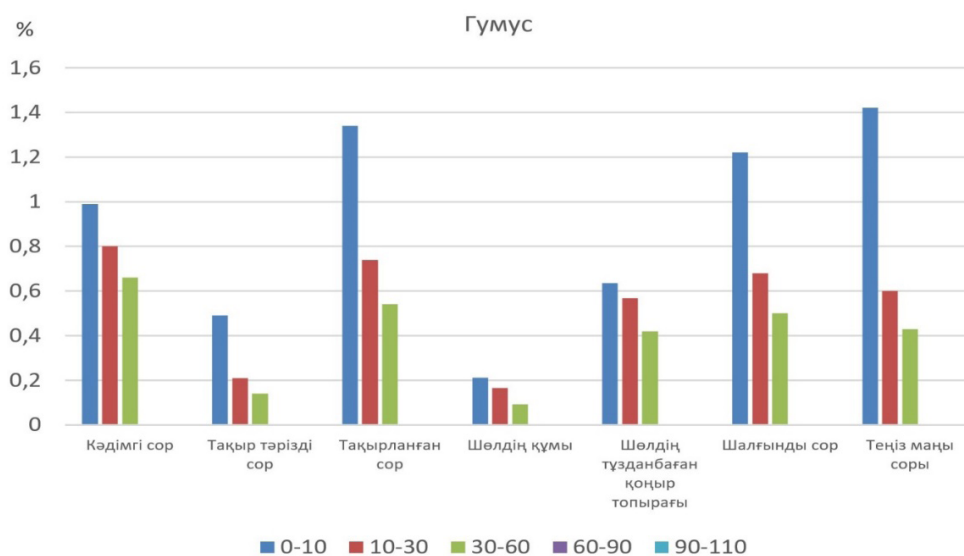
**Тақырланған сор топырақ.** N 45,68805; E 61,00987; H=46 м

*Морфологиялық белгілері:* Тегіс жазықтық. Өсімдік жамылғысы бұталы – эфемерлі-жүзгінді. Өсімдіктердің биіктігі 5-10 см, бұталары 1,5 м-ге

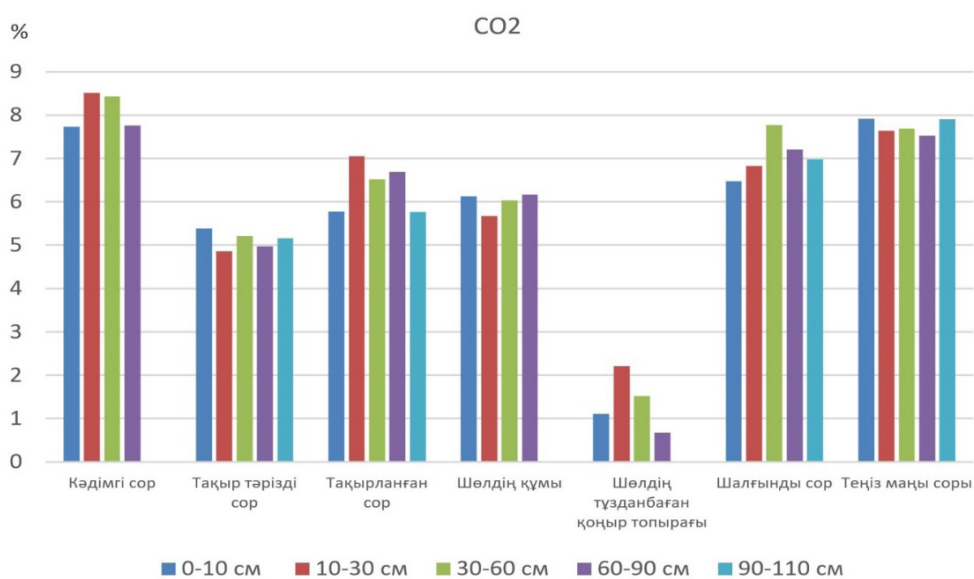
дейін. Жобалық жабыны – 30 %. Кескіннің тереңдігі – 120 см. Гумус қабатының қалыңдығы  $A+B=30$  см. Жоғары қабатынан бастап тұз қышқылынан қайнайды. Карбонаттар көзге байқалмайды. Тұздар 10 – 30 см бастап тамырлар түрінде, 30 – 52 см-де тұз дақтары түрінде байқалады (1С-сурет).

Тақырланған сор топырақтарда гумус 1,34-0,54 % шегінде болды, ең көп мөлшері жоғарғы қабатта болды (0-10 см), аз мөлшері, сәйкесінше,

40-50 см қабатта байқалды (2-сурет).  $CO_2$  карбонаттарының мәні 5,77-ден 7,07%-ға дейін өзгереді, профиль бойынша таралуы біркелкі (3-сурет). Топырақ ерітіндісінің реакциясы 7,79-8,32 аралығында болды, сәл сілтіліден жоғары сілтілікке дейін өзгереді (4-сурет). Сіңірілген негіздердің 100 г топырақтағы мөлшері 17,72 – 29,9 мг-экв аралығында болды. Сіңірілген негіздердің құрамында кальций мен магний катиондары басым болды (5-сурет).



2-сурет – Солтүстік-Шығыс Арал маңы топырақтарындағы гумус мөлшері



3-сурет – Солтүстік-Шығыс Арал маңы топырақтарындағы  $CO_2$  мөлшері

Микроэлементтердің жалпы мөлшері топырақтың 0-50 см қабатында келесі аралықтарда өзгерді: мырыш 30,2-34,9 мг/кг, мыс 11,6-13,31 мг/кг, кадмий 7,6-8,11 мг/кг, қорғасын 8,4-8,6 мг/кг, никель 17,8-21,9 мг/кг, кобальт 4,9-5,7 мг/кг, марганец 282,2-304,8 мг/кг.

Микроэлементтердің жылжымалы мөлшері топырақтың 0-50 см қабатында келесідей өзгерді: мырыш 3,45-4,21 мг/кг, мыс 1,68-2,4 мг/кг, кадмий анықталмады, қорғасын 1,38-1,71, никель 0,2-0,48 мг/кг, кобальт 0,14-0,38 мг/кг, марганец 142,8-223,5 мг/кг, темір 29,9-43,82 мг/кг. Зерттелген барлық ауыр металдар ШРК-дан аспайды, тек жылжымалы марганец топырақтағы ШРК-дан 1,59 есе асып түседі.

**Шалғынды сор.** N 46,07393. E 60,88898. H=38 м.

Әдетте микрорельеф элементтерінің беткейлерінде және аз мөлшері ағып жатқан өзен арнасындағы арықтарында, өзен жайылмаларында қалыптасады. Бұл топырақ бетінің қатты тұздануымен және кескін тереңдігі бойынша салыстырмалы түрде әлсіз тұздануымен сипатталады. Минерализациясы орташа немесе әлсіз, жер асты сулары жақын орналасуымен сипатталады.

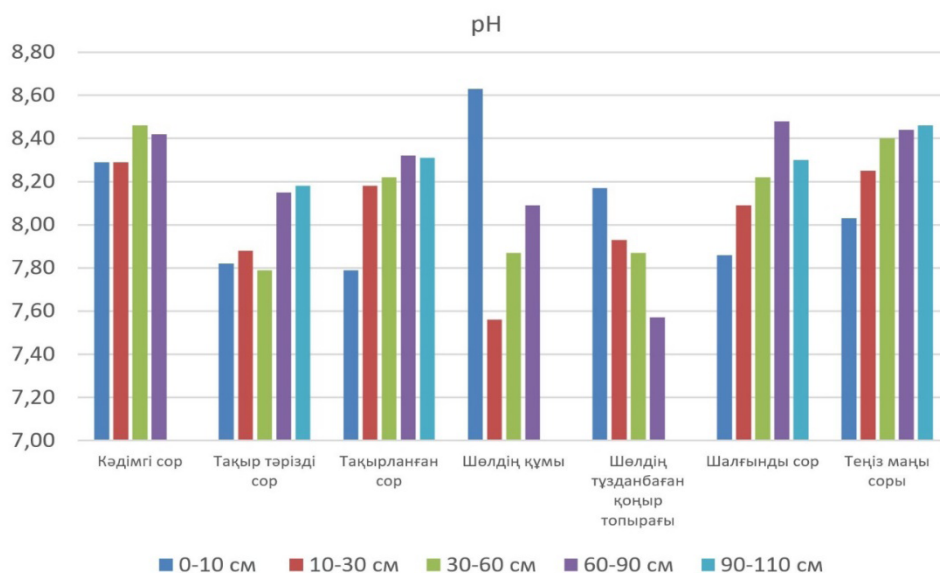
*Морфологиялық белгілері:* Тегіс жазықтық. Өсімдік жамылғылары жыңғылды-соранды. Өсімдіктердің биіктігі 10-15 см, бұталары 1-2 м. Жобалық жабыны – 40 %. Кескін тереңдігі – 100 см. Гумус қабатының қалыңдығы A+B=20 см.

Тұз қышқылынан (HCl) топырақ бетінен бастап қайнайды. Көзге көрінетін карбонаттар мен тұздар байқалмады (1D-сурет).

Сор топырақтардың бұл түрлерінде гумус мөлшері топырақтың 0-10 см қабатында 1,22%, 40-50 см қабатта 0,50% болды (2-сурет). CO<sub>2</sub> карбонаттарының мәні 6,47-ден 7,77%-ға дейін өзгерді, профиль бойынша таралуы біркелкі (3-сурет). Топырақ ерітіндісінің реакциясы 7,86-8,48 аралығында болады (4-сурет). Сіңірілген негіздердің қосындысы 100 г топыраққа 13,78-16,87 мг-экв аралығында болды. Сіңірілген негіздердің құрамында кальций мен магний катиондары басым (5-сурет).

Ауыр металдардың жалпы мөлшерлері топырақтың 0-50 см қабатында келесі аралықтарда өзгерді: мырыш 29,3-78,9 мг/кг, мыс 10,4-13,1 мг/кг, кадмий 16,5-18,4 мг/кг, қорғасын 7,1-9,5 мг/кг, никель 18-20 мг/кг, кобальт 4,6-5,6 мг/кг, марганец 119,1-173,2 мг/кг. Кадмийдің жалпы мөлшері ШРК-дан және литосферадағы кларктан 36 есе жоғары.

Топырақтардың кадмиймен ластануының негізгі көзі өндірістік қалдықтар және ақаба сулар болып табылады, сонымен қатар кадмийдің айтарлықтай мөлшері топыраққа фосфор тыңайтқыштарымен, әкті материалдармен түсуі мүмкін. Біздің зерттеулерімізде кадмийдің ШРК-ны жоғарылатуы осы топырақтағы мырыштың жоғары мөлшерімен байланысты болуы мүмкін.



4-сурет – Солтүстік-Шығыс Арал маңы топырақтарының pH көрсеткіші

Ауыр металдардың жылжымалы мөлшерлері топырақтың 0-50 см қабатында келесі аралықта ауытқыды: мырыш 4,1-7,02 мг/кг, мыс 2,92-3,52 мг/кг, кадмий анықталмады, қорғасын 1,77-2,25, никель 0,6-0,42 мг/кг, кобальт 0,1-0,17 мг/кг, марганец 188,57-227,35 мг/кг, темір 55,85-80,82 мг/кг. Марганецтің жылжымалы формасы ШРК-дан 1,62 есе жоғары болды.

**Теңіз маңы сор топырағы.** N 45,95825; E 60,94990; H=35 м.

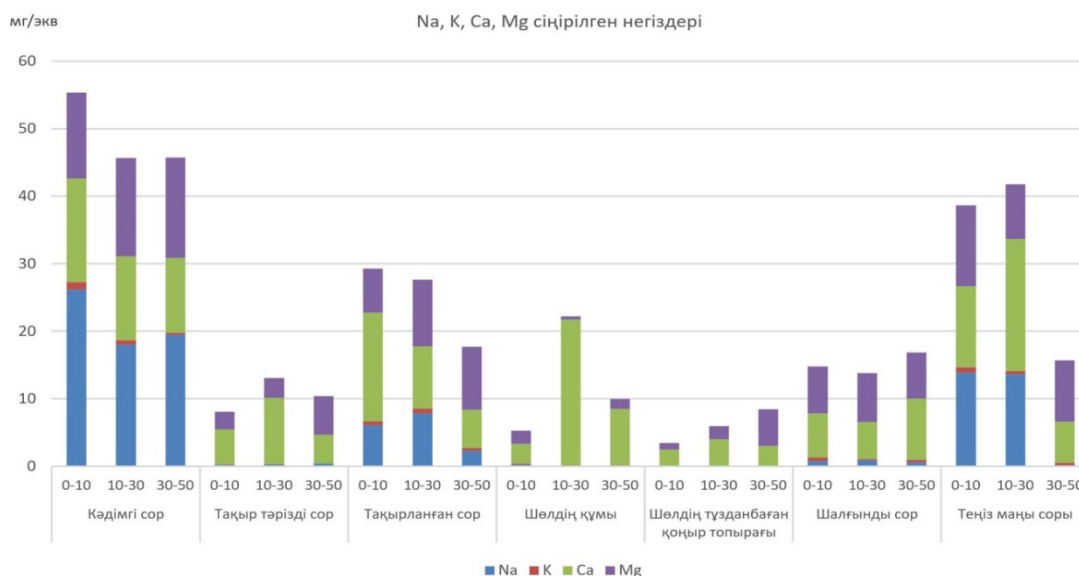
*Морфологиялық белгілері.* Құрғаған теңіз табаны тегіс жазықтық. Өсімдік жамылғысы: сор шөпті – бұталы. Өсімдік жамылғысының биіктігі – 5 см, бұтақтар – 1-1,5 м. Жобалық жабыны – 60 %. Кескіннің тереңдігі – 110 см. А+В=30 см. Топырақтың беткі қабатынан бастап тұз қышқылынан (HCl) қайнайды. Карбонаттар көзге байқалмайды. Тұздар 52-110 см тереңдіктен бастап сирек қылдар түрінде кездеседі (1Е-сурет).

Гумус мөлшері 0-10 см топырақ қабатында 1,42 %, ал 40-50 см топырақ қабатында 0,43 % мөлшерін құрады (2-сурет). CO<sub>2</sub> мөлшері топы-

рақтың 0-100 см қабатында 7,52-7,9 % аралығында болды (3-сурет). Топырақ ерітіндісінің реакциясы келесі шектерде болды: 8,03-8,46 (4-сурет). Сіңірілген негіздер жиынтығы 100 г топырақ мөлшеріне 15,68-41,77 мг-экв болды. Сіңірілген негіздер құрамында кальций мен натрий катиондары басым болды (5-сурет).

Ауыр металдардың жалпы мөлшері топырақтың 0-50 см қабатында келесі шектерде өзгерді: мырыш 16,6-38,6 мг/кг, мыс 9,6-11,4 мг/кг, кадмий 8-14 мг/кг, қорғасын 6,8-8,6 мг/кг, никель 17-17,8 мг/кг, кобальт 5-5,4 мг/кг, марганец 24,6-226,6 мг/кг. Микроэлементтер арасында тек кадмий ШРК мөлшерінен 28 есе жоғары болды.

Ауыр металдардың жылжымалы мөлшері топырақтың 0-50 см қабатында келесідей ауытқыды: мырыш 6,2-10,4 мг/кг, мыс 3,4-7,65 мг/кг, кадмий анықталмады, қорғасын 0,9-2,15, никель 0,3-0,7 мг/кг, кобальт 0,05-0,3 мг/кг, марганец 214,35-288,75 мг/кг, темір 24-63,45 мг/кг. Мыстың жылжымалы формалары ШРК-дан 2,55 есе, ал марганец 2,06 есе жоғары болды.



5-сурет – Солтүстік-Шығыс Арал маңы топырақтарындағы сіңірілген негіздердің мөлшері

**Шөлдің құмы.** N 45,82428; E 61,01455; H=46 м.

*Морфологиялық белгілері.* Аздап кең толқынды жазықтық. Өсімдік жамылғысы жүзгінді-бұтақта. Өсімдіктердің биіктігі 10-15 см, бұтақтар 1,5 метрге дейін. Жобалық жабыны – 40%. Кескіннің тереңдігі – 110 см. Гумусты қабаттың қалыңдығы А+В=25 см. Топырақтың

беткі қабатынан бастап тұз қышқылынан қайнайды. Көзге айқын көрінетін карбонаттар мен тұздар жоқ (1F-сурет).

Гумус мөлшері 0,21 %-0,09 % аралығында, топырақ тереңдігіне қарай гумус мөлшері азаяды (2-сурет). Топырақтың 0-100 см қабатындағы CO<sub>2</sub> карбонаттар мөлшері 5,97-ден 6,17 %-ға дейін өзгереді (3-сурет). Топырақ ерітіндісінің



реакциясы 7,56-8,63 шектерінде (4-сурет). Сіңірілген негіздер жиынтығы 100 г топырақ мөлшеріне 5,3-22,22 мг-экв. Сіңірілген негіздер құрамында кальций мен магний катиондары басым болды (5-сурет).

Ауыр металдардың жалпы мөлшері топырақтың 0-50 см қабатында келесі шектерде өзгерді: мырыш 30-32,8 мг/кг, мыс 2,8-3,6 мг/кг, кадмий анықталмады, қорғасын 3,2-3,6 мг/кг, никель 10,8-13,2 мг/кг, кобальт 1,6-2,4 мг/кг, марганец 169,2-304,4 мг/кг.

Ауыр металдардың жылжымалы мөлшерлері топырақтың 0-50 см қабатында келесідей ауытқыды: мырыш 3,1-3,7 мг/кг, мыс 0,7-0,9 мг/кг, кадмий анықталмады, қорғасын анықталмады, никель 0,04-0,5 мг/кг, кобальт 0,2 мг/кг, марганец 110,3-136,6 мг/кг, темір 66,6-89,7 мг/кг.

Бұл топырақ типінде қарастырылып отырған барлық элементтердің жалпы және жылжымалы мөлшерлері ШРК мөлшерінен жоғары болмады.

**Шөлдің тұзданбаған қоңыр топырақтары.** N 45,76625; E 61,31009; H=63 м.

*Морфологиялық белгілері.* Кескін су аңғарында. Толқынды-жазықтық. Өсімдік жамылғысы эфемерлі-ерменді. Өсімдіктердің биіктігі – 5-10 см. Жобалық жабыны – 60%. Кескін тереңдігі – 90 см. Гумус қабатының қалыңдығы A+B=28 см. Тұз қышқылынан қайнауы беткі қабаттан бастап. Карбонаттар көзге көріндейді. Тұздар да жоқ (1G-сурет).

Гумус мөлшері 0,64%-0,42% шектерінде болды (2-сурет). CO<sub>2</sub> карбонаттар мәні топырақтың 0-100 см қабатында 0,68-2,21 % аралығында өзгерді (3-сурет). Топырақ ерітіндісінің реакциясы 7,57-8,17 шектерінде болды (4-сурет). Сіңірілген негіздер жиынтығы 100 г топыраққа 3,46-8,41 мг-экв аралығында болды. Сіңірілген негіздер құрамында кальций мен магний катиондары басым болды (5-сурет).

Ауыр металдардың жалпы мөлшері топырақтың 0-50 см қабатында келесі шектерде өзгерді: мырыш 28,8-34 мг/кг, мыс 3,6-6,8 мг/кг, кадмий 8-18,4 мг/кг, қорғасын 3,2-5,2 мг/кг, никель 10-20,4 мг/кг, кобальт 2-3,6 мг/кг, марганец 320-500,8 мг/кг. Кадмийдің жалпы формасы ШРК-дан 36 есе жоғары болды.

Ауыр металдардың жылжымалы мөлшерлері топырақтың 0-50 см қабатында келесідей ауытқыды: мырыш 0,1-3,3 мг/кг, мыс, кадмий, қорғасын, никель, кобальт анықталмады, марганец 120,5-210 мг/кг, темір 1,6-16,6 мг/кг. Марганецтің жылжымалы формасы ШРК-дан 1,5 есе жоғары болды.

## Қорытынды

Аумақтың айтарлықтай бөлігінде топырақ түзуші жыныстар үшінші кезеңнің шөгінділері (делювий және элювий) және төртінші кезеңнің аллювиалды шөгінділері болып табылады. Арал теңізінің солтүстік-шығыс бөлігіне далалық экспедициялар кезінде топырақ кескіндері салынып, зерттеу нәтижесінде топырақтардың келесідей түрлері анықталды: кәдімгі сор, тақыр тәрізді сор, тақырланған сор, шалғынды сор, теңіз маңы сор топырағы, шөл құмдары, шөлдің қоңыр топырағы. Аймақта таралған топырақтар морфологиялық белгілері және химиялық құрамдары бойынша айрықшаланды.

Гумус мөлшері бойынша барлық кескіндерде ерекше айырмашылық жоқ, оның кескін бойынша таралуы бірдей. Гумус мөлшері беткі қабыршақты қабатта және оның төменгі қабатында аздап жоғары, төменге қарай азаяды. Зерттелген аумақ территориясындағы гумус мөлшері өте төмен қамтылған санатқа жатады (2%-ға дейін).

Топырақ ерітіндісінің реакциясы (рН) зерттелген барлық топырақ типтерінде беткі қабаттарда әлсіз сілтілі, төменге қарай орташа және күшті сілтіліге айналады, топырақ ортасының реакциясы 7,6-ден 8,8 дейінгі аралықта ауытқыды.

Карбонаттар барлық топырақ типтерінде анықталды, яғни, Қазақстан топырақтарының карбонаттылығын көрсетеді. CO<sub>2</sub> жоғары мөлшері кәдімгі сор топырақтарда (7,73-8,51%), теңіз маңы сор топырақтарында (7,52-7,9%), тақырланған сор топырақта (5,77-7,07%) анықталды, топырақтың беткі қабаттарында төменгі қабаттарға қарағанда жоғары болды.

Сіңірілген негіздердің жиынтығы кәдімгі сор топырақтарда (45,72 – 55,37 мл-экв), теңіз маңы сор топырағында (15,68 – 41,77 мл-экв) жоғары болды.

Біздің зерттеулерімізде Cd мен Pb кларк мәндерінен жоғары, сонымен қатар Cd, Mn ШРК-дан жоғары. Кадмий көптеген минералдарда, әсіресе мырыш мөлшері жоғары минералдарда көп мөлшерде болады. Бұл жағдай бұл металдардың осы территорияда белсенді техногенді миграциясымен және жергілікті жердің шоғырландырушы геохимиялық сипатымен байланысты. Сонымен қатар, Орталық Азиялық аймақтағы Арал маңының табиғи ластаушы көздері Қарақұм және Қызылқұм шөлдері, сонымен қатар бетінен тұзды шандардың үлкен массасы желмен көтеріліп, таралатын Арал

теңізінің құрғаған табаны болып табылады. Тұздармен ауылшаруашылық химикаттарының тонналары – пестицидтер мен тыңайтқыштар қалдықтары, ауыр металдар және т.б. тасымалданады.

**Алғыс.** Бұл мақаланың авторлары далалық экспедиция мүшелеріне (Ершибулов А., Ада-

мин Г.) далалық сапарларда көрсеткен көмектері үшін алғыс білдіреді.

Зерттеу жұмыстары ҚР БҒМ жобасы бойынша орындалды: 2020-2022 ж. «Шығыс Арал маңы топырақ жамылғысының қазіргі жағдайын бағалау және Арал теңізінің құрғауы нәтижесінде оның трансформациясы» (AP08053270).

### Әдебиеттер

Томина Т.К., Хайбуллин А.С., Ажикина Н.Ж. Агроэкологические проблемы Приаралья в связи с обсыханием Аральского моря и пути их реабилитации // Известия НАН РК. Серия биологическая. – 2009. – №4. – С. 11-15.

Козыбаева Ф.Е., Бейсеева Г.Б., Ажикина Н.Ж. Влияние аридизации на трансформацию почв Казахстанского Приаралья // Проблемы рационального использования природоохозяйственных комплексов засушливых территорий: Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. – Волгоград, 22–23 мая 2015 года.

Международный Фонд спасения Арала «Программа конкретных действий по улучшению экологической и социально-экономической обстановки в бассейне Аральского моря на период 2003-2010 гг.». – Душанбе, 2003 // <http://ecoportalca.kz>.

Issanova G, Abuduwaii J, Galayeva O, Semenov O, Bazarbayeva T (2015) Aeolian transportation of sand and dust in the Aral Sea region. *Int. J. Sci. Technol.*, 12:3213-3224.

Почвы Казахской ССР. Кызыл-Ординская область. Вып. 14. – Алма-Ата, 1983. – С. 238-248.

Фанзов К.Ш., Талапова А.С. Экология кризисной территории Приаралья и проблемы их решения. – Алматы, 2003. – С. 97-101.

Issanova G.T. Abuduwaii J, Mamutov Zh.U, Kaldybaev A.A, Saparov G.A, Bazarbayeva T.A (2017) Saline Soils and Identification of Salt Accumulation Provinces in Kazakhstan. *Arid Ecosystems*, Vol. 7, No. 4, pp 243-250.

Stulina G., Sektimenko V. “The Chance in soil cover on the exposed bed of Aral Sea”, *ELSEVIER*, 47, 2004, pp 121-125.21.

Kotlyakov V.M (2010) The Aral Sea Basin: A Critical Environmental Zone. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*. Vol.33, Issue 1, pp 4-38.

Каражанов К.Д., Хайбуллин А.С., Алимбаев А.К. Влияние антропогенной аридизации на почвенно-экологическую обстановку в Казахстанском Приаралье // Состояние и перспективы развития почвоведения». Мат-лы междунар. научн. конф. посвященной 60-летию образования Института почвоведения им. У.У. Успанова. – Алматы, 2005. – С. 123-124.

Pankova E.L, Aidarov I.P, Yamnova I.A, Novikova A.F, Blagovolin N.S (1996) Natural and Anthropogenic Salinization of Soils in the Aral Sea Basin: Geography. Genesis and Evolution), Moscow: V.V. Dokuchaev Inst. of Soil Science.

Qadir M, Andrew D Noble, Asad S Qureshi, Raj K Gupta, Yuldashev T, Karimov A (2009) Salt-induced land and water degradation in the Aral Sea basin: A challenge to sustainable agriculture in Central Asia. *Natural Resources Forum* 33. 134-149.

Semenov O.E. (2009) Physico-statistical modeling of carrying sandy-salt aerosol during storms in the Aral Sea region. In: Marburg International Dust & Sand Storm (DSS) Symposium “DSS and Desertification”. Marburg, 30-32.

Ильин В.Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва-растение. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – 220 с.

Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. – Boca Raton, FL: CRC Press, 2011. – 548 p.

Боровский В.М. Геохимия засоленных почв Казахстана. – М.: Наука, 1978.

### References

Tomina T.K., Khaybullin A.S., Azhikina N.ZH. (2009) Agroekologicheskiye problemy Priaral’ya v svyazi s obsykhaniyem Aral’skogo morya i puti ikh reabilitatsii [Agro-ecological problems of Aral Sea region in connection with the desiccation of the Aral Sea and ways of their rehabilitation]. *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Biological Series*. no 4. pp. 11-15. (In Russian)

Kozybayeva F.Ye., Beyseyeva G.B., Azhikina N.ZH. (22–23 May of 2015.) Vliyanie aridizatsii na transformatsiyu pochv Kazakhstanskogo Priaral’ya // Problemy ratsional’nogo ispol’zovaniya prirodokhozyaystvennykh kompleksov zasushlivykh territoriy / Sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. [Influence of aridization on transformation of soils of the Aral Sea region of Kazakhstan // Problems of rational use of nature management complexes of arid territories / Collection of scientific works of the international scientific-practical conference]. Volgograd. (In Russian)

Mezhdunarodnyy Fond spaseniya Arala «Programma konkretnykh deystviy po uluchsheniyu ekologicheskoy i sotsial’no-ekonomicheskoy obstanovki v basseyne Aral’skogo morya na period 2003-2010 gg.». (2003) [The International Fund for Saving the Aral Sea “Programme of concrete actions to improve the environmental and socio-economic situation in the Aral Sea Basin for the period 2003-2010”.] Dushanbe // <http://ecoportalca.kz>. (In Russian)

Issanova G, Abuduwaii J, Galayeva O, Semenov O, Bazarbayeva T (2015) Aeolian transportation of sand and dust in the Aral Sea region. *Int. J. Sci. Technol.*, 12:3213-3224.

Pochvy Kazakhskoy SSR. Kyzyl – Ordinskaya oblast’. (1983) [Soils of the Kazakh SSR. Kyzyl – Orda region]. Alma-Ata, vol. 14, pp.238-248. (In Russian)

- Faizov K.SH., Talapova A.S. (2003) *Ekologiya krizisnoy territorii Priaral'ya i problemy ikh resheniya* [Ecology of the Aral Sea crisis area and problems of their solution]. Almaty, pp. 97-101. Almaty. 2003. S. 97-101. (In Russian)
- Issanova G.T. Abuduwalli J, Mamutov Zh.U, Kaldybaev A.A, Saparov G.A, Bazarbayeva T.A (2017) Saline Soils and Identification of Salt Accumulation Provinces in Kazakhstan. *Arid Ecosystems*, Vol. 7, No. 4, pp 243-250
- Stulina G., Sektimenko V. "The Chance in soil cover on the exposed bed of Aral Sea", *ELSEVIER*, 47, 2004, pp 121-125.21.
- Kotlyakov V.M (2010) *The Aral Sea Basin: A Critical Environmental Zone. Environment: Science and Policy for Sustainable Development*. Vol.33, Issue 1, pp 4-38.
- Karazhanov K.D., Khaybullin A.S., Alimbayev A.K (2005) *Vliyaniye antropogennoy aridizatsii na pochvenno-ekologicheskuyu obstanovku v Kazakhstanskom Priaral'ye. // Sostoyaniye i perspektivy razvitiya pochvovedeniya ». Mat-ly mezhdunar.nauchn. konf. posvyashchennoy 60-letiyu Instituta pochvovedeniya im. U.U. Uspanova* [Influence of anthropogenic aridization on soil-ecological situation in Kazakhstan Aral Sea region. // State and prospects of soil science development". Materials of international scientific conference dedicated to 60th anniversary of formation of Institute of Soil Science named after U.U. Uspanov. Institute of Soil Science named after U.U. Uspanov]. Almaty, pp. 123-124. (In Russian)
- Pankova E.L, Aidarov I.P, Yamnova I.A, Novikova A.F, Blagovolin N.S (1996) *Natural and Anthropogenic Salinization of Soils in the Aral Sea Basin: Geography. Genesis and Evolution*, Moscow: V.V. Dokuchaev Inst. of Soil Science.
- Qadir M, Andrew D Noble, Asad S Qureshi, Raj K Gupta, Yuldashev T, Karimov A (2009) Salt-induced land and water degradation in the Aral Sea basin: A challenge to sustainable agriculture in Central Asia. *Natural Resources Forum* 33. 134-149.
- Semenov O.E (2009) Physico-statistical modeling of carrying sandy-salt aerosol during storms in the Aral Sea region. In: *Marburg International Dust & Sand Storm (DSS) Symposium "DSS and Desertification"*. Marburg, 30-32.
- Il'in V.B. (2012) *Tyazhelyye metally i nemetally v sisteme pochva – rasteniye* [Heavy metals and non-metals in the soil-plant system]. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, p. 220. (In Russian)
- Kabata-Pendias A. *Trace Elements in Soils and Plants*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2011. 548 p.
- V.M. Borovskiy, (1978) *Geokhimiya zasolennykh pochv Kazakhstana* [Geochemistry of saline soils in Kazakhstan]. (In Russian)



---

## МАЗМҰНЫ CONTENTS СОДЕРЖАНИЕ

<b>1-бөлім</b> <b>Физикалық, экономикалық</b> <b>және әлеуметтік география</b>	<b>Section 1</b> <b>Physical, economic</b> <b>and social geography</b>	<b>Раздел 1</b> <b>Физическая,</b> <b>экономическая и</b> <b>социальная география</b>
<i>Касен Ү.Н., Каирова Ш.Г.</i> Павлодар облысы ауылдық жерлерін дамытудың экономикалық-географиялық аспектілері .....4		
<i>Imamverdiyev N.S.</i> Optimal site selection for the installation of solar PV plants: a case study in Nakhchivan Ar, Azerbaijan .....13		
<b>2-бөлім</b> <b>Картография және</b> <b>геоинформатика</b>	<b>Section 2</b> <b>Cartography and</b> <b>geoinformatics</b>	<b>Раздел 2</b> <b>Картография и</b> <b>геоинформатика</b>
<i>Aldungarova A.K., Uteпов Ye.B., Mkilima T., Tulebekova A.S., Zharassov Sh.Zh., Abisheva A.K.</i> Defining the boundaries and area of the Samarkand reservoir catchment based on digital elevation models .....32		
<b>3-бөлім</b> <b>Метеорология</b> <b>және гидрология</b>	<b>Section 3</b> <b>Meteorology</b> <b>and hydrology</b>	<b>Раздел 3</b> <b>Метеорология</b> <b>и гидрология</b>
<i>Алағуджаева М.А., Токсанбаева С.Т., Рамазанова Н.Е., Тусупбеков Ж.А.</i> Моделирование талого стока на примере участка реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилищ.....44		
<i>Мадибеков А.С., Исмуханова Л.Т., Мұсақұлқызы А., Жәди А.Ө., Султанбекова Б.М., Құлбекова Р.А.</i> Іле өзені атырауы аумағының қар жамылғысының негізгі физикалық-химиялық параметрлері.....55		
<i>Сүлейменова Ф.Т., Тұрсын Ж.Е.</i> Алматы қаласының әуежайындағы метеорологиялық параметрлердің биіктік бойынша таралу ерекшеліктері .....65		
<b>4-бөлім</b> <b>Рекреациялық география</b> <b>және туризм</b>	<b>Section 4</b> <b>Recreation geography</b> <b>and tourism</b>	<b>Раздел 4</b> <b>Рекреационная география</b> <b>и туризм</b>
<i>Taukebayev O., Seitkazy M., Salmurzauly R., Sakhariyev B., Aktymbayeva A., Tussupkanova A., Batay G.</i> Creating schematic map of tourist routes and infrastructure of Ayusai Gorge (Ile-Alatau National Park).....78		
<b>5-бөлім</b> <b>Геоэкология</b>	<b>Section 5</b> <b>Geocology</b>	<b>Раздел 5</b> <b>Геоэкология</b>
<i>Исанова Г.Т., Тыныбаева К.М., Садуахас А.Б., Құлымбет Қ.Қ., Калыбаева А.К., Танирбергенев С.И.</i> Солтүстік-шығыс Арал теңізінің құрғаған табанының топырақтарының морфологиялық белгілері мен химиялық құрамын талдау .....94		