

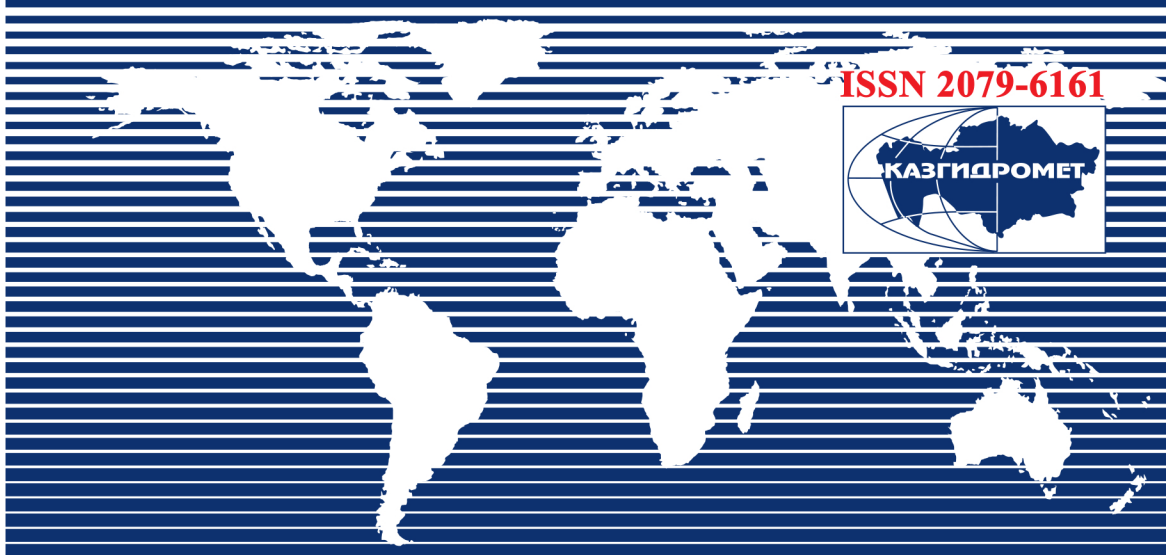


ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

2

2020

ISSN 2079-6161



25 лет  
Гидрометеорология  
и  
экология

# ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ежеквартальный  
научно-технический журнал

2

2020

АЛМАТЫ

*Қазақстан Республикасының  
Экология, геология және табиғи  
ресурстар Министрлігі  
«Қазгидромет» Республикалық  
мемлекеттік кәсіпорны*

*Министерство экологии,  
геологии и природных ресурсов  
Республики Казахстан  
Республиканское государственное  
предприятие «Казгидромет»*

# **ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ**

әр тоқсанда шығарылатын  
ғылыми-техникалық журнал

**№ 2**

# **ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ**

Ежеквартальный  
научно-технический журнал

АЛМАТЫ  
2020

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР Д.К. Алимбаева

РЕДКОЛЛЕГИЯ

Н.И. Ивкина (зам. главного редактора)  
С.Б. Саиров (зам. главного редактора)  
Н.Н. Абаев (ответственный секретарь)  
Р.Г. Абдрахимов (Алматы, Казахстан)  
А.Х. Ахмеджанов (Алматы, Казахстан)  
М.Ж. Бурлибаев (Алматы, Казахстан)  
А.А. Волчек (Брест, Беларусь)  
А.В. Галаева (Алматы, Казахстан)  
В.Ю. Георгиевский (Санкт-Петербург, Россия)  
С.А. Долгих (Алматы, Казахстан)  
И.Б. Есеркепова (Алматы, Казахстан)  
А.Р. Медеу (Алматы, Казахстан)  
Е.Ж. Муртазин (Алматы, Казахстан)  
А.М. Мусакулкызы (Алматы, Казахстан)  
Ж.С. Мустафаев (Алматы, Казахстан)  
К. Опп (Марбург, ФРГ)  
Е.В. Островская (Астрахань, Россия)  
В.Г. Сальников (Алматы, Казахстан)  
С.Г. Сафаров (Баку, Азербайджан)  
А.Г. Терехов (Алматы, Казахстан)  
А.В. Чередниченко (Алматы, Казахстан)

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ  
№ 2 (97)

© Журнал издается с 1995 года.

Регистрационное свидетельство

№ 1538 от 14 марта 1995 г.

Адрес редакции:

050022, Алматы,

пр. Абая, д. 32, к. 309,307

Телефон:

(7272) 67-64-91; 55-84-06;

E-mail:

[Hydromet.journal@gmail.com](mailto:Hydromet.journal@gmail.com)

<http://metecomag.kz/>

<http://www.kazhydromet.kz>

Подписано в печать

Формат бумаги 70 × 100/16. Печать офсетная.

Бумага офсетная.

Объем 14,1 п.л. Тираж 500 экз. Заказ

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

<b>Л.С. Курбанова, Б.Х. Тусупова, С.М. Нурмакова, А.К. Мекебаева, Б.К. Жаксылык</b> Алматы қаласы ауасының азот диоксидімен ластануын ГАЖ технологиясын қолдану арқылы бағалау. . . . .	7
<b>Э.Д.Ташимбетова, Д.К. Джусупбеков</b> Сарысу алабы өзендерінің су тасу кезеңі ағындысын есептеу. . . . .	15
<b>Н.Н. Абаев, Ш.Е. Турашов, А.С. Нысанбаева, К.М. Болатов</b> Солтүстік Қазақстан облысының астық дақылдарының өнімділігін бағалауда жерді қашықтықтан зондылау деректерін пайдалану. . . . .	23
<b>К.К. Дускаев, А.Г. Чигринец, А.З. Гаппаров, С.Т. Ахметова</b> Үлкен және Кіші Алматы өзендері бассейндері бойынша минималды жазғы-күзгі ағындының сипаттамалары. . . . .	35
<b>Ә.К. Зәуірбек, С.Р. Садвакасова</b> Увязка расчетных располагаемых водных ресурсов с суммарным водопотреблением в бассейнах рек. . . . .	45
<b>Н.И. Ивкина, А.Ф. Елтай, Бьорн Клове, М.Т. Садуокасова, И.В. Шенбергер, Г.М. Шишкина</b> Колебания уровня и их влияние на нефтяное загрязнение Казахстанского сектора Каспийского моря. . . . .	62
<b>Э.Б. Мусина</b> Оценка влияния цементной промышленности на загрязнения окружающей среды на примере АО «Карцемент». . . . .	73
<b>В.В. Жданов</b> Современная концепция развития прогнозов лавинной опасности (на примере прогнозов в районе СЛС Шымбулак). . . . .	81
<b>Н.Р. Юничева, Д.Б. Нурсеитов, И.Б. Есеркепова, К.А. Бостанбеков, А.Н. Алимова</b> Автоматизация предпроцессинговой обработки данных глобальных климатических моделей для проведения расчетов региональных климатических моделей для первого приоритетного периода программы Cordex. . . . .	94

<p><b>М.М. Молдахметов, А.К. Мусина, Ж.У. Бексултанова, Д.Р. Съдыков</b> Тобыл алабы өзендерінің көпжылдық ағындысын қалпына келтіру. ....</p>	103
<p><b>И.А. Седельников, М.М. Тайжанова</b> Изменение основных компонентов климата города Петропавловск за 85 лет. ....</p>	114
<p><b>А.Г. Валеев, Ф.Ж. Акиянова, Ж. Сагинтаев</b> Современные рельефообразующие процессы береговой зоны озера Алаколь. ....</p>	125
<p><b>Е.Е. Халыков, Ю.Ф. Лый, Е.Х. Какимжанов, М.М. Макимбаева, Ж.М. Шарапханова</b> Жыралық эрозияның дамуын жерүсті лазерлік сканерлеу әдісімен зерттеу. ....</p>	146
<p><b>С.С. Байшоланов</b> Модель расчёта оросительной нормы сельскохозяйственных культур на основе метеорологических данных. ....</p>	165
<p><b>А.Х. Ахмеджанов, Т.К. Караданов</b> Динамика содержания водяного пара в атмосфере Казахстана по данным спутникового зондирования. ....</p>	178
<b>ОБЗОРЫ И КОНСУЛЬТАЦИИ</b>	
<p><b>А.В. Чередниченко, В.С. Чередниченко</b> Современные подходы к изучению глобального климата и его проявление на региональном уровне. Обзор материалов международной научно-практической конференции. ....</p>	186
<b>ХРОНИКА</b>	
<p>Памяти Боголюбовой Е.В. ....</p>	200

## CONTENTS

### SCIENTIFIC ARTICLES

<b>L. Kurbanova, B. Tussupova, S. Nurmakova, A. Mekebaeva, B. Zhaksylyk</b> Assessment of air pollution in Almaty city nitrogen dioxide using GIS technology. . . . .	7
<b>E.D. Tashimbetova, D.K. Dzhusupbekov</b> Calculation of runoff during the flood of the Sarysu River basin. . . . .	15
<b>N.N. Abaev, Sh.E. Turashov, A.S. Nyssanbaeva, K.M. Bolatov</b> Remote sensing data using in crop yield assessment of the north Kazakhstan region. . . . .	23
<b>K.K. Duskayev, A.G. Chigrinets, A.Z. Gapparov, S.T. Akhmetova</b> Characteristics of minimal summer-autumn runoff in the basins of the Rivers Ulken and Kishi Almaty. . . . .	35
<b>A.K. Zauribek, S.R. Sadvakasova</b> Linking the calculated disposable water resources with total water consumption in the river basins. . . . .	45
<b>N.I. Ivkina, A.G. Yeltay, Bjørn Kløve, M.T. Saduokassova, I.V. Shenberger, G.M. Shishkina</b> Change of water level and its impact to the oil pollution of the Kazakhstan sector of the Caspian Sea. . . . .	62
<b>E. Mussina</b> Evaluation of the effect of cement industry on environmental pollutions on the example of Carcement JSC. . . . .	73
<b>V.V. Zhdanov</b> Modern concept of development of forecasts of avalanche danger (on the example of forecasts in the area of avalanche station “SHymbulak”). . . . .	81
<b>N.R. Yunicheva, D.B. Nurseitov, I.B. Yesserkepova, K.A. Bostanbekov, A.N. Alimova</b> Automation of pre-processing data of Global Climate Models for the calculation of Regional Climate Models for the first priority period of the Cordex program. . . . .	94

<p><b>M.M. Moldahmetov, A.K. Mussina, Zh.U. Beksultanova, D.R. Sydykov</b></p> <p>Reconstruction the annual runoff rows of the Tobyl River basin. . . . .</p>	103
<p><b>I.A. Sedelnikov, M.M. Tayzhanova</b></p> <p>Changes in the main components of Petropavlovsk climate over 85 years. . . . .</p>	114
<p><b>A.G. Valeyev, F.Zh. Akiyanova, Zh. Sagintayev</b></p> <p>The coastal zone of Alakol Lake modern relief-formaition processes. .</p>	125
<p><b>Ye.Ye. Khalykov, Yu.F. Lyy, Y.Kh. Kakimzhanov, M.M. Makimbayeva, Zh.M. Sharapkanova</b></p> <p>Study of gully erosion using method of terrestrial laser scanning. . . . .</p>	146
<p><b>S.S. Baisholanov</b></p> <p>Model for estimation the irrigation norm of agricultural crops based on meteorological data. . . . .</p>	165
<p><b>A.H. Akhmedzhanov, T.K. Karadanov</b></p> <p>Dynamics of the content of water vapor on the territory of Kazakhstan according to satellite sensing data. . . . .</p>	178
<b>REVIEWS AND CONSULTATIONS</b>	
<p><b>V.S. Cherednichenko, A.V. Cherednychenko</b></p> <p>Modern approaches to studying the global climate and its manifestation at the regional level. Review of materials of the international scientific and practical conference. . . . .</p>	186
<b>CHRONICLE</b>	
<p>In memory of Bogolyubova E.V. . . . .</p>	200

ӨОЖ 504.3.054

Техн. ғылым. канд.	Л.С. Курбанова <sup>1</sup>
Техн. ғылым. канд.	Б.Х. Тусупова <sup>1</sup>
Техн. ғылым. канд.	С.М. Нурмакова <sup>2</sup>
Хим. ғылым. канд.	А.К. Мекебаева <sup>1</sup>
	Б.К. Жаксылык <sup>1</sup>

### АЛМАТЫ ҚАЛАСЫ АУАСЫНЫҢ АЗОТ ДИОКСИДІМЕН ЛАСТАНУЫН ГАЖ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ БАҒАЛАУ

**Түйін сөздер:** атмосфера, ластану, АЛИ, ГАЖ технологиясы

*Берілген мақалада Алматы қаласының атмосфералық ауасының ластануына бағалау жүргізілді. Сонымен қатар Алматы қаласының әр ауданында орналасқан бақылау бекеттерінің деректері бойынша ластаушы заттарға сипаттама бере отырып, ГАЖ технологиясы арқылы ArcGIS компьютерлік бағдарламаларының көмегімен ауаның ластануы бойынша деректер енгізілген картасы салынды.*

*Карта арқылы Алматы қаласының аудандарында азот диоксидімен басым ластанған аудандар анықталды.*

Атмосфералық ауаның ластануы бүгінгі күні республиканың ірі және өнеркәсіптік қалаларының өзекті проблемаларының бірі болып табылады. Олардың ішінде зиянды заттардың шоғырлануы бойынша Алматы қаласы көш бастап тұр. Алматы қаласында атмосфералық ауаны ластаушы негізгі көздері автокөлік, өнеркәсіп кәсіпорындары, қатты отынмен жылытуды пайдаланатын жеке тұрғын үй секторы, қаланың маңында орналасқан жылу электр станциялары болып табылады. Қоғамдық дамудың қазіргі кезеңіне тән белгілері қалалардың жылдам өсуі және онда тұратын адамдар санының артуы болып табылады [2].

Елді мекендерде атмосфералық ауаның азот диоксиді, көміртегі оксиді, күкірт диоксиді, формальдегид, күкірт сутегі, өлшенген заттар, фенол, аммиак сияқты ластағыштармен ластануының жоғары және өте жоғары деңгейінің негізгі көздері:

<sup>1</sup> әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup> Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан



1) қалалық көлікпен автожолдардың жүктелуі – автокөліктің бензинді және дизель отынының көп компоненттілігі елді мекендердің атмосфералық ауасын азот диоксидімен, көміртегі оксидімен, органикалық заттармен және т.б. ластаудың негізгі көздерінің бірі болып табылады, ал тіпті жақсы желдетілетін қалаларда да автожолдардың жоғары жүктелуі ауа атмосферасында зиянды қоспалардың жиналуына әкеледі;

2) өнеркәсіп кәсіпорындарынан эмиссияларды тарату – өнеркәсіп өнімдерін жағу кезінде, өндірістік процестердің нәтижесінде ауаның ластануының жоғары деңгейін негіздейтін зиянды заттардың барлық көрсеткіштерінің тізбесі елді мекендер аумағының үстінен ауа бассейнінде таралуы қалалардың, қала маңындағы және кенттердің атмосфералық ауасының сапасына айтарлықтай әсер етеді.

3) елді мекендердің атмосфералық кеңістігінің төмен желдетілуі – ауадағы ластағыштар атмосфераның жерге жақын қабатында жинақталады және олардың шоғырлануы өте жоғары деңгейде сақталады [1].

Экологияның басты проблемаларын шешуде үлкен көмек геоакпараттық технологиялардың ролі орасан: урбанизацияланған аумақтың жай-күйін бағалау және бақылау үшін жеткілікті ақпарат болу қажет, қолда бар деректер базасын талдай отырып, аумақтың географиясы туралы жаңа мәліметтер алынады.

ГАЖ технологияны қолдану берілген әсер ету үлгілері негізінде техногендік жүктемені өзгерту кезінде қоршаған ортаның жай-күйінің өзгеруін болжауды жүргізуге мүмкіндік береді [8].

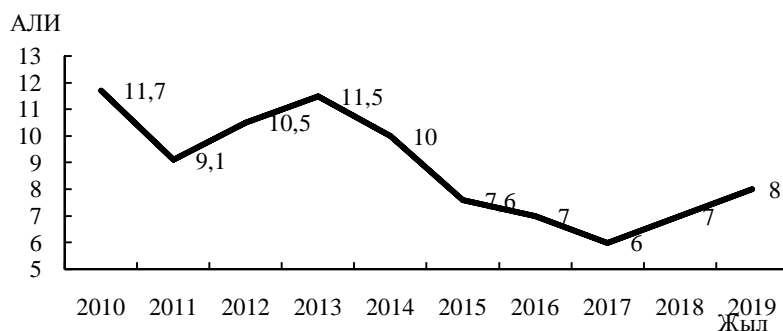
Қала жоспарынан алынған барлық ақпаратты қамтитын экологиялық болжамды сандық жоспар жасалды. Жоғары экологиялық қауіптілік аймақтарының компьютерлік болжамы оперативтік жоспарлар серияларының көмегімен моделдеу кезінде орындалады.

Шағын масштабты карталау үшін Алматы қаласының 1:35000 масштабты карталары алынды. Алматы қаласы картасының электрондық нұсқасы пайдаланылды.

Алматы қаласы өңір тұрғын халқының саны көп шоғырланған урбанизацияланған аймақ, аумағы 8 ауданға бөлінеді: Алатау, Алмалы, Өуезов, Бостандық, Медеу, Наурызбай, Түркісіб, Жетісу.

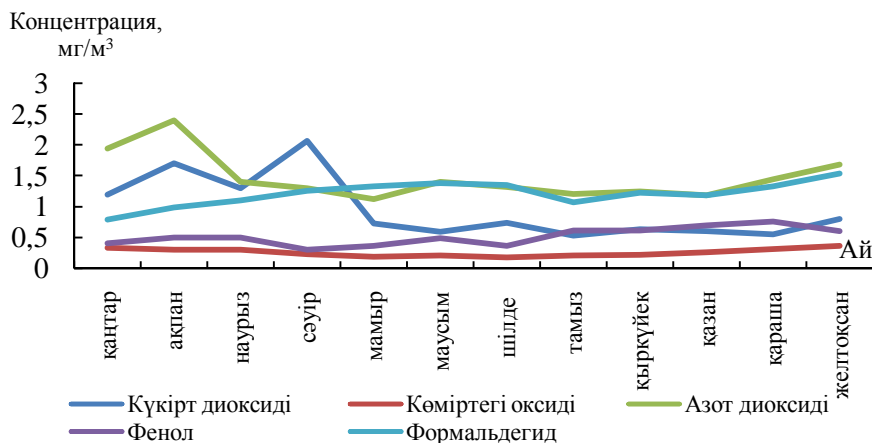
Алматы қаласында атмосфералық ауа жағдайын бақылау қаланың әртүрлі аудандарында орналасқан 16 бекетте жүргізіледі, оның ішінде 11 автоматты бекет және 5 қолмен сынама алу бекеті [4, 6].

Қазақстанда АЛИ<sub>5</sub> бес ластаушы зат бойынша есептеледі – күкірт диоксиді, көміртегі оксиді, азот диоксиді, фенол және формальдегид. Сонымен, мысалы 1-суретте атмосфераның ластану индексін бағалау және Алматы қаласының ластануы бойынша 2010...2019 жж. аралығындағы АЛИ<sub>5</sub> өсу динамикасы көрсетілген [4, 5].



Сур. 1. Алматы қаласы бойынша 2010...2019жж. аралығындағы АЛИ динамикасы.

Алматы қаласында 2019 жылы бақылау желісінің деректері бойынша және негізгі ластаушы заттардың көрсеткіштері негізінде, атмосфералық ауаның ластану индексі АЛИ<sub>5</sub> – 8, ластанудың жоғары деңгейі ретінде бағаланды (сур. 1) [4, 5].



Сур. 2. Алматы қаласының атмосфералық ауасының негізгі ластаушы заттарының көрсеткіштері.

Алматы қаласының атмосфералық ластану индексі (АЛИ<sub>5</sub>) төмендесе де, соңғы 5 жылда ластанудың тұрақты жоғары деңгейін сақтап келеді (1-сурет).

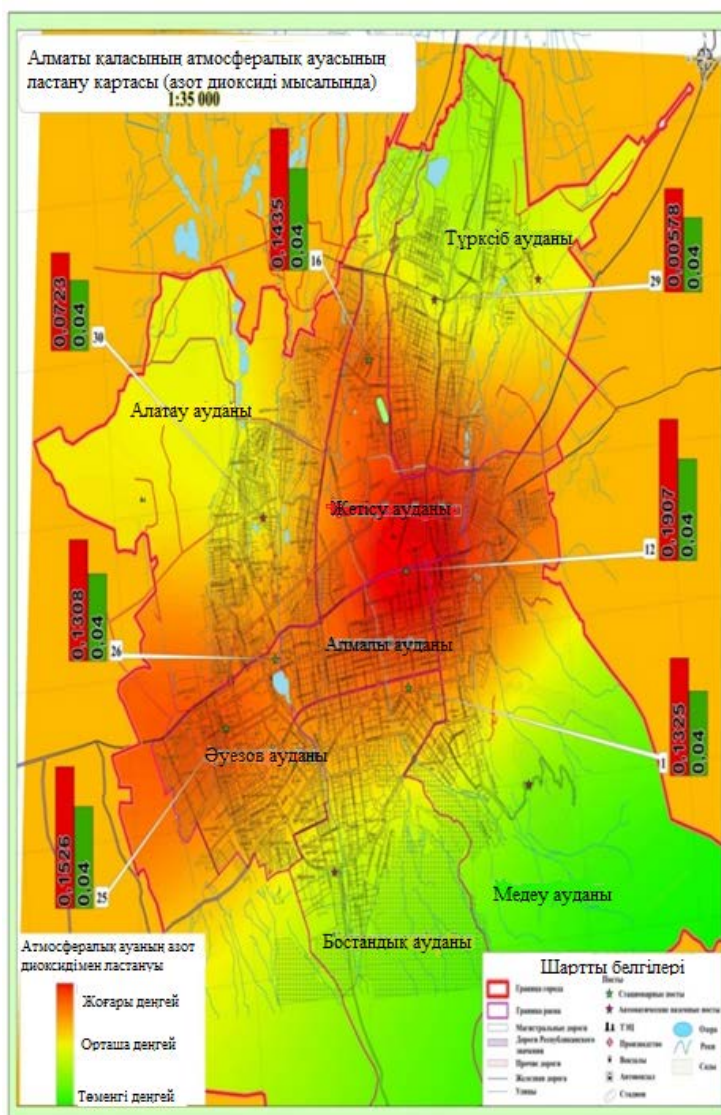
Қаланың атмосфералық ауасы күкірт диоксиді, азот диоксиді және формальдегидпен көбірек ластанған, осы химиялық элементтердің орташа концентрациясы, әсіресе азот диоксиді санитарлық нормалармен белгіленген шекті рұқсат етілген концентрациядан бірнеше есе артық екені көрсетілген (сурет 2) [3].

Біз зерттелетін объектілердің жай-күйін көрсететін өзара байланысты деректердің жиынтығын цифрлық сақтауды және басқаруды қамтамасыз ететін геоақпараттық жүйе (ГАЗ) өңдедік. Бұл ретте ГАЗ құрылымы мониторинг процесінде жиналатын әртекті ақпаратты (сандық және кеңістіктік-бөлінген көрсеткіштерді) жүйелі жинақтауды, бағалауды және талдауды жүргізуге мүмкіндік береді.

Жоғарыда аталған бекеттерден алынған зерттеулердің нәтижесінде, азот диоксидінің орташа концентрациясының мәндері бойынша ГАЗ-технологияны қолдану арқылы Алматы қаласының атмосфералық ауасының сапасын бағалау жүргізілді. Алматы қаласының атмосфералық ауасының аудан бойынша азот диоксидімен ластануын бағалау ArcGIS компьютерлік бағдарламасының көмегімен сипатталып, аудан бойынша ластануды бағалау картасы салынды (3-сурет) [8, 9].

Берілген картада 2018 жылы жасалған талдама нәтижесі арқылы азот диоксидінің қала аудандары бойынша бөлінуін қарастырсақ, онда елеулі айырмашылықты байқауға болады. Ластанудың ең жоғары деңгейі № 12 бекет орналасқан Жетісу ауданында байқалады. Осы бекеттегі азот диоксидінің орташа концентрациясы  $0,1907 \text{ мг/м}^3$ , ШРК 4,0 есе құрады. Осылайша, № 1 бекетінде (Бостандық ауданы) азот диоксидінің орташа концентрациясы  $0,1325 \text{ мг/м}^3$  құрады. Сондай-ақ № 16 бекетінде (Жетісу ауданы) ең жоғары орташа концентрациясы –  $0,1435 \text{ мг/м}^3$ . Бұл ретте қаланың әр түрлі бекеттері бойынша бұл заттың ең көп бір реттік концентрациялары ерекшеленбейді. № 26 бекетте азот диоксиді  $0,1308 \text{ мг/м}^3$  төмен орташа концентрациясы бар, бұл ретте ШРК 3,2-ден 3,5 есеге дейін артады.

Осы қоспа концентрациясының қайталануы пайыздық қатынаста ШРК-дан жоғары, №12 постта байқалады, бұл ретте олар жыл бойы 73,2-ден 95,9 %-ға дейін жоғары болып қалады. Қайталанудың ең төмен деңгейі № 26 постта байқалады және 7,1-ден 40,1 % -ға дейін құрайды.



Сур. 3. Алматы қаласының атмосфералық ауасының ластану картасы (азот диоксиді мысалында).

Жыл бойы жалпы қала бойынша бірнеше максимум байқалады, олар барлық маусымдарда байқалады және шығыс және оңтүстік-шығыс бағыттарында созылады.

Бұл Райымбек-Сейфулин ауданы (№ 12 пост), Тастақ шағын ауданы және қаланың төменгі бөлігіндегі маусымдық максимум, негізінен бірінші тоқсанда ол нақты белгіленген. Мұндай өрістің таралуы азот диоксиді концентрациясының қалыптасуына факторлардың бірдей дерлік

жиынтығы әсер етеді деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Бұл факторлардың арақатынасы маусымнан маусымға қарай сәл өзгереді.

Жалпы маусымнан маусымға қарай шоғырланудың өзі қатты өзгереді. Осылайша, ең көп шоғырлану бірінші және төртінші тоқсандарға, яғни жылдың суық маусымында байқалады. Ал ең азы екінші және үшінші тоқсандарға және ШРК 1,5...2 есе төмен.

Нәтижесінде жоғары АЛІІ<sub>5</sub> көрсеткіші бар аймақ, жылдың барлық маусымдарында №12 пост болып атыр. Егер көктемгі және күзгі кезеңдерде ластанудың деңгейі жылдан жылға айтарлықтай төмендеген болса, жазғы кезеңде бұл төмендеу болмашы ғана. Бұл ауданның қаланың орталық бөлігінде орналасқандығымен түсіндіріледі, онда көлік белсенділігі жоғары, бірақ жұмыс істеп тұрған кәсіпорындар аз, бірақ ЖЭО-1 өзінің елеулі үлесін қосады. Сондай-ақ, ластанудың жоғары деңгейі көктемгі кезеңге келетін №16 постыда байқалады [5, 3, 7].

Бұл ретте, №25 посты бар Әуезов ауданын қолайлы деп атауға болады. Бұл факт ауданның қаланың батыс бөлігінде орналасуымен байланысты, онда желдің соғуы айтарлықтай жоғары, сондай-ақ ірі өнеркәсіптік кәсіпорындар жоқ.

Жоғарыда айтылғандардың нәтижесінде Алматы қаласының атмосферасы қатты ластануға ұшыраған деген қорытындыға келуге болады. Ластану дәрежесін талдау үшін ArcGIS бағдарламасы арқылы ГАЖ технологияларды қолдана отырып, азот диоксиді мысалында Алматы қаласының атмосфералық ауасының ластану картасы салынды. Бақылау бекеттері орналасқан Алматы қаласының аудандары бойынша азот диоксидінің шоғырлану деңгейі көрсетілді. Бұл ретте аталған қоспаның шоғырлануының пайыздық қатынаста ШРК-дан жоғары қайталануы Жетісу ауданындағы №12 постта байқалады, бұл ретте олар жыл бойы 73,2- ден 95,9 %- ға дейін жоғары болып қалады [8, 9].

Осылайша, ГАЖ-технологиялары экологиялық жағдайды бақылауда да, басқа да көптеген салаларда да зор рөл атқарады, бұл адам факторының әсерін айтарлықтай төмендетеді және тиісінше, еңбекті көп қажет ететін ақыл-ой процестерінің көлемін және адам жасаған кателіктердің санын азайтады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Арыстанбекова Н.Х. Моделирование загрязнения воздушного бассейна города Алматы. - Изд. 2-е доп. – Алматы: Дайк-Пресс, 2011. – 178 с.

- 2 Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В. Воздух городов и его изменения. – СПб.: Астерион, 2008. – 254 с.
- 3 Значения предельно допустимых концентраций отдельных примесей в воздухе населенных мест по Республике Казахстан. // Сб.: Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. – 1991. – 9 с.
- 4 Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды РК за 2010-2016 год. [Электр. ресурс]. – URL: <http://www.kazhydromet.kz>
- 5 Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды РК за 2017-2019 год. [Электр. ресурс]. – URL: <http://www.kazhydromet.kz>
- 6 Комплексная программа по снижению загрязнения окружающей среды города Алматы на 2009-2018 годы. Утверждена Решением XVII-й сессии Маслихата города Алматы IV-го созыва от 24.04.2009. № 187. – А, 2009.
- 7 Комплексная программа оздоровления экологической обстановки г. Алматы на 1999-2015 гг. «Таза ауа – жанга дауа». – Алматы: Алматинское городское управление по охране окружающей среды, 2002. – С. 1-11.
- 8 Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 288 с.
- 9 Ципилева Т.А. Геоинформационные системы. – Учебное пособие, Издательство ТМЦДО, 2004. – 163 с.

Поступила 14.04.2020

Канд.техн.наук	Л.С. Курбанова
Канд.техн.наук	Б.Х. Тусупова
Канд.техн.наук	С.М. Нурмакова
Канд.хим.наук	А.К. Мекебаева
	Б.К. Жаксылык

## **ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА Г. АЛМАТЫ ДИОКСИДОМ АЗОТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИИ**

**Ключевые слова:** атмосфера, загрязнение, ИЗА, ГИС-технологии

*В данной статье приведена оценка загрязнения атмосферного воздуха города Алматы. По данным контрольных постов, расположенных в каждом районе города Алматы, при помощи программы ArcGIS была построена карта по загрязнению воздуха с описанием загрязняющих веществ.*

*С помощью карты выявлены районы г. Алматы с преобладанием загрязнения диоксидом азота.*

L. Kurbanova, B. Tussupova, S. Nurmakova, A. Mekebaeva, B. Zhaksylyk

**ASSESSMENT OF AIR POLLUTION IN ALMATY CITY NITROGEN  
DIOXIDE USING GIS TECHNOLOGY**

**Keywords:** atmosphere, pollution, air pollution index, GIS technology

*This article assesses the air pollution in Almaty. According to the control posts located in each district of Almaty, the ArcGIS program was used to build a map of air pollution with a description of pollutants.*

*The map identifies areas of Almaty with a predominance of nitrogen dioxide pollution.*

УДК 556.167

Геогр. ғылым. канд.

Э.Д. Ташимбетова<sup>1</sup>  
Д.К. Джусупбеков<sup>1</sup>**САРЫСУ АЛАБЫ ӨЗЕНДЕРІНІҢ СУ ТАСУ КЕЗЕҢІ АҒЫНДЫСЫН  
ЕСЕПТЕУ**

**Түйін сөздер:** көктемгі су тасу кезеңі, есептік кезең, көктемгі ағынды, ағынды қабаты, статистикалық параметрлер, корреляция, вариация, асимметрия коэффициенттері, су өтімі

*Мақалада Сарысу алабы өзендерінің бойындағы 10 гидрологиялық бекет бойыншасу тасу кезеңіндегі ағынды мөлшері мен оның статистикалық параметрлері 1932...1965 жж. шартты табиғи және соңғы антропогендік жүктеме өсіп отырған 1966...2016 жж. кезеңдерге анықталды. Вариация және асимметрия коэффициенттері параметрлері қатардың теріс ығысуы ескеріліп есептелді. Бұл екі кезеңнің ағынды қабаты мен ағынды қатарының вариация коэффициенттерін салыстыру нәтижелері соңғы 50 жылдық кезең үшін көктемгі ағынды шамасының біршама кемігендігін, сондай-ақ вариация коэффициентінің барлық дерлік өзендерде аздаған төмендегенін көрсетті. Ағындының үшінші параметрі – асимметрия коэффициенті бақылау мәліметтерінің теориялық қисықпен сәйкес келу дәрежесімен анықталды. Сарысу алабының көптеген өзендерінің деректеріне талдау жүргізу арқылы олардың көктемгі ағынды қабатының үлестіріміне барынша жақын сәйкес келетін қамтамасыздық қисық –  $C_s=2C_v$  жағдайындағы Пирсонның III типті қисығы екендігі анықталды.*

**Кіріспе.** Қазіргі кезеңде Орталық Қазақстан өзендерінің су режимі біршама өзгерістерге ұшырып отыр. Мұндағы орын алып отырған адамзаттың шаруашылық әрекеттері мен климаттың жаһандық өзгеру үдерісі аумақ өзендерінің ағындысы сипаттамаларына және жалпы гидрологиялық режиміне маңызды өзгерістер енгізіп отыр. Жекелеген жылдары көктемгі ағынды апаттық максимум шамасында қалыптасып, өзендер суы арнасынан шығуына әкеліп соқтырып отыр, соның әсерінен

<sup>1</sup>әл-Фараби атын. ҚазҰУ, Алматы қ., Қазақстан.



үлкен аумақтарды су басып, еліміздің шаруашылығына үлкен зиянын тигізуде. Ал бірқатар аймақтарда керісінше көктемгі ағынды мөлшері төмендеп, шаруашықтың дамуына кері әсерін тигізуде. Сондықтан, қазіргі жағдайда Қазақстанның жазықтық аймақтары өзендерінің көктемгі ағындысының қалыптасу ерекшеліктерін нақтылау және оған болжам жасау гидрологияның өзекті мәселелерінің біріне айналып отыр.

Су шаруашылығы жұмыстарын жүргізуде және жобалау жағдайында өзендердің ағындысы шамаларын анықтау маңызды міндеттердің бірі болып табылады. Көктемгі ағынды шамасының нормасы және максимал су өтімдері гидротехникалық ғимараттарды жобалауда және пайдалануда кеңінен қолданылады. Олар өзен ағынының басқа сипаттамаларын анықтауда басты параметрлер болуына байланысты, бір жағынан «гидрологиялық эталон» ретінде саналады.

Алғашқы болып қарастырып отырған алапөзендері ағындылары бойынша қорытынды жасалған жұмыстарға – П.С. Кузин [7] және И.З.Т. Беркалиев «Гидрологический режим рек Центрального, Северного и Западного Казахстана» монографиясы (1959 ж.) [2] еңбектерін айтуға болады. Мұнда сол кезеңнің тұрақты бақылау бекеттерінен алынған деректер келтірілді, ағындының қалыптасу жағдайлары, гидрологиялық тәуелділіктер зерттелінді, жылдық ағынды үлесітірімі параметрлерінің шамалары келтірілді.

**Зерттеу нысаны.** Сарысу өзені Бұғылы және Ақтау тауларының беткейлерінен 700...900 м абс. биіктіктен екі өзеннен – Жақсы Сарысу және Жаман-Сарысу өзендерінен басталады да 761 км-ден кейін олар Атасу кенті тұсында қосылып, Сарысу атанады. Ал Сарысу өзені одан әрі ағып, Қызылорда облысы аумағындағы Телекөл және Ащыкөл көлдер жүйесіне құяды. Құрғақшылық жылдары Сарысу өзені көлдер жүйесіне суын жеткізе бермейді. Сарысу өзенінің жалпы ауданы 816 мың км<sup>2</sup>-ты құрайды [2].

Негізгі салалары – Қаракенгір, Кенсаз, сондай-ақ Атасу, Талдысай, Құрманак, Талдыманақ, Құмдыеспе өзендері. Сарысудың орташа жылдық су өтімі 7,50 м<sup>3</sup>/с, сағасында 0,10 м<sup>3</sup>/с. Ағысының жылдамдығы 0,60...0,80 м/с. Өзеннің суының молаюы көктем мезгілінде, қыста жауған қардың еруінен болады. Шілде мен қаңтар айлары аралығында жоғарғы ағысында суы тартылып қалады, орта ағысы мен төменгі ағысында суы жекелеген аудандарында ағысын тоқтатып, жекелеген қарасуларға бөлініп қалады [3, 4].

Өзеннің мұз жамылғысы қарашаның аяғы мен желтоқсанның басында орнайды, ал өзен мұздан наурыздың аяғы мен сәуірдің басында арылады. Көктемгі су тасуы кезінде жылдық ағындының 90...98 %-ы өтеді, одан кейін өзен тартылады да, иірімдерге (қарасуларға) бөлініп қалады. Олардың бірқатарында сулары тұздана бастайды. Өзен суы өндірісті сумен қамтамасыз етуге және егістік алқапты суармалауға қолданылады. Су тасу кезеңінде түсетін сұйық жауын-шашын көктемгі ағынды қалыптастыруда негізгі рөл атқармайды. Олар орташа алғанда қар қоры шамасының 5...10 % ғана құрайды [3]. Көктемгі (ағынды қабаты, мм) және максимал ағынды (су өтімдері, м<sup>3</sup>/с) мәліметтері әртүрлі жылдары «Қазгидромет» мекемесінде жарияланған анықтамалар мен көпжылдық ақпарат деректерінен, сондай-ақ әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің метеорология және гидрология кафедрасында жүргізілген ғылыми еңбектерден алынған [5, 7, 8].

Жұмыста Сарысу алабы өзендерінің көпжылдық кезеңдегі көктемгі су тасу ағынының статистикалық параметрлері қарастырылған. Көктемгі ағындының негізгі сипаттамаларына ағынды қабатының нормасы және максимал су өтімдері жатады. Алапта әртүрлі су шаруашылығы шараларын тағайындауда осы параметрлердің сенімділігін білу қажет. Қарастырылып отырған алап бойынша көктемгі ағындының сипаттамалары өткен ғасырдың 60-ыншы және 70-інші жылдары алынған. Бұл мәліметтер соңғы жылдардың деректері мен климаттық және антропогендік факторларды ескеріп қайта анықтауды қажет етеді.

Жұмыстың мақсаты – Сарысу алабы өзендерінің көктемгі ағындысының сипаттамаларын шартты-табиғи және соңғы антропогендік жүктеме өсіп отырған кезеңдерге нақтылау болып табылады.

Ағынды шамасын бағалау үшін қолда неғұрлым ұзақ бақыланған гидрологиялық қатар мәліметтері болуы шарт. Осы алапта ең алғашқы гидрологиялық бекеттер 1932 жылы Жақсы Сарысу – Сарысу ауылы бекеті мен Қаракенгір өзенінде, ал алаптағы басқа бекеттер 1950...1960 жылдары ашылған. Өкінішке орай олар 1990 жылдары Кеңес үкіметі ыдырағаннан кейін жабылып қалған. Сонымен қатар бақылау қатарларында үзік-үзік мәліметтер көп, белгісіз себептермен кейбір жылдарда, немесе су тасу, болмаса су сабасына түскекезеңдерінде бақылау жүргізілмеген жағдайлар орын алған. Сол себепті, алдымен үзік ағынды қатарлары қайта қалпына келтіру жұмыстар [3, 9] құжатының талабына сай жүргізілді.

**Зерттеу нәтижелері және талқылау.** Көп өзендерде ұзақ бақылау қатарларының болмауынан ағынды нормасын есептеуде рұқсат етілетін 5...10 %-дық және вариация коэффициентін 10...15 %-дық қателіктер шамасында анықтау қиынға соқтырады. Сондықтан бақылау жүргізілмеген ағынды шамасын ұзақ мерзімге сай қалпына келтіру аналог бекеттерді таңдаумен және оның мәліметін қолдану арқылы жүргізіледі. Аналог бекетті таңдағанда гидрологиялық сипаттамалар мен параметрлерді ортақ критерийге келтіруде ең бастысы есептік тұстамадағы өзеннің ағындысы мен ұқсас тұстамадағы тербелістің үндестігі болып табылады. Ол зерттеліп отырған өзендердің гидрологиялық қатарларының жұптық немесе көптік корреляциясы арқылы көрініс береді [6, 9].

Мақалада Сарысу алабы өзендеріне зерттеу жүргізуде «Казгидромет» РМК мекемесі жүргізген бақылау мәліметтерінің 2015 жылға дейінгі басылымға шыққан материалдары және әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінде жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижелері қолданылды. Сарысу өзені алабында бақылау үзік жүргізілген өзендердің ағынды қатарларын қайта қалпына келтіру алапта ең ұзақ жұмыс жасаған гидрологиялық бекеттер: Жаксы-Сарысу – Сарысу (62 жыл), Қара-Кенгір – Жыланды өзенінің сағасынан 12 км жоғары (56 жыл), Сарысу – рзд. 189 км (47 жыл) және Сарысу – ст. Қызыл-Жар (41 жыл) арқылы орындалды. Бірінші кезекте, осы таңдалып алынған бекеттер бойынша алаптың барлық зерттелініп отырған өзендерінің жылдық ағындылары қайта қалпына келтірілді. Ал жылдық ағынды мен көктемгі ағынды аралығында тығыз байланыс болатыны белгілі, сондықтан көктемгі ағындының үзіксіз ағынды қатары жылдық ағынды қатарларының мәліметтері арқылы алынды.

Сонымен, жұмыста Сарысу алабы өзендерінің жылдық ағындысы нормасы және оның үлестірім қисығының параметрлері алаптағы 10 бақылау бекеттері бойынша шартты-табиғи (1932...1965 жж.) және антропогендік жүктеме орын алған (1966...2016 жж.) кезеңдерге бөлініп есептелінді. Ал, бұл кезеңдер өз кезегінде [7, 8] жұмыстар негізінде (ағынды қатарларының жиынтық және айырымдық интеграл қисықтарына талдау жүргізу нәтижесінде бөлінді. Сарысу алабы өзендерінің көктемгі ағынды нормасын және ағынды қатарының үлестірім қисығының параметрлерін есептеу нәтижелері 1-кестеде келтірілген.

## Сарысу алабы өзендерінің көктемгі максимал ағындысының статистикалық параметрлері

Өзен – бекет	Максимал ағындының параметрлері						Ауытқу, %
	Шартты-табиғи кезең 1932...1965 жж.			Антропогендік жүктеме кезеңі 1966...2016 жж.			
	$Q_{\max}$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$C_s$	$Q_{\max}$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$C_s$	
Сарысу – рзд. № 189	165	1,32	1,91	71,6	1,28	1,78	-57
Сарысу – ст. Кызылжар	432	1,40	1,98	242	1,22	2,43	-44
Агасу – свх. Актауский	16,3	1,00	2,55	12,1	0,94	1,75	-26
Жаман-Сарысу – рзд. Айса	26,4	1,30	2,19	16,8	1,57	2,90	-9,6
Кара-Кенгир – 5,0 км (12 км) выше устьяр. Жиланды	244	1,31	2,32	217	0,78	2,09	-11
Жаман-Сарысу – с. Жанаарқа	15,0	1,78	2,62	10,4	1,82	2,67	-5,9
Жаксы-Сарысу – с. Сарысу	37,6	1,35	2,56	34,6	1,09	1,73	-8,0
Жезды – рзд. Жезды	1,48	0,87	2,15	1,27	0,62	2,02	-14
Нарсай – пос. Жезды (Марганец)	1,15	0,76	1,92	1,05	0,79	2,55	-8,7
Қарағанды – Ұлытау	1,85	0,68	1,92	1,74	0,49	1,28	-5,9

Бөліп алынған 1932...1965 жж. және 1966...2016 жж. есептік екі кезеңнің көктемгі ағынды нормалары, үлестірім қисығының параметрлері және олардың қателіктері жоғарыда аталған құжаттардың талабына сай есептелінді. Бұл жұмыстың алдыңғы жұмыстардан өзгешелігі – бұрынғы жұмыстарда 1932...2012 жылдық ұзақ ағынды қатары параметрлері үш кезеңге, яғни 1932...2012 жж., 1966...2012 жж. және тек бақылау жүргізілген жылдар кезеңдеріне бөлініп есептелген болатын. Осы жұмыста жалпы ұзақ ағынды қатарлары тек қана шартты-табиғи және антропогендік жүктеме өскен кезеңдерге бөлінді, сондай-ақ ағынды үлестірімінің параметрлері соңғы 4 жылдың деректерімен толықтырылып есептелді (кесте 1). Кейбір өзендердің ағынды қатарлары корреляция коэффициенті жоғары болып келетін басқа аналог-өзендер арқылы қайта қалпына келтірілді. 1-кестеден көретініміз, алынған нәтижелер 1932...1965 жылдық шартты-табиғи есептік кезеңге қарағанда соңғы антропогендік әрекет және климаттың біржақты өзгеруі қарқынды орын алған 1966...2016 жж. кезеңде максимал ағынды шамасының алаптың барлық дерлік өзендерінде біршама кемігендігін көрсетеді. Соңғы кезеңде ағынды мөлшерінің кемуі алаптың барлық қарастырып отырған өзендері үшін 0,3...31 %-ды, ал орташа алғанда – 13,3 %-ды құрады. Мысалы, максимал ағынды шамасының ең жоғары ауытқуы Сарысу – рзд. № 189 бекетінде (минус 57 %), ал ең төменгі ауытқу минус 5,9...11 % шамасында Нарсай-Жезды (Марганец) к. және Қарағанды – Ұлытау а. бекеттерінде орын алды.

Есептеу нәтижелері көктемгі ағынды қабатының вариация коэффициенттері шамаларының төмендеуі барлық дерлік өзендерде байқалатындығын көрсетеді, яғни өзен ағындылары жасанды уақытша су жинау қоймаларында жинақталуынан оның өзгермелілігінің кемуі байқалады. Тек Жаман-Сарысу – к. Жаңаарка және Нарсай –Жезды (Марганец) қ. өзендерінде оның аздап өскені (5...6 %) білінеді.

**Қорытынды.** Көктемгі ағынды қабатының шамалары Сарысу алабының өзендері бойындағы 10 гидрологиялық бекет бойынша анықталды. Вариация және асимметрия коэффициенттері параметрлерінің теріс ығысуы ескерілу арқылы есептелді. Сарысу алабында көктемгі ағынды қабатының нормасы мен вариация коэффициенті 1932...1965 жылдарға келтірілген көпжылдық кезеңге және соңғы 1966...2016 жылдық кезеңге анықталды. Бұл екі кезеңнің ағынды қабаты нормалары мен вариация коэффициенттерін салыстыру нәтижелері соңғы 50 жылдық кезең үшін бұл параметрлердің барлық дерлік өзендерде аздаған кемуін көрсетеді. Есептеу нәтижелері соңғы кезең үшін вариация коэффициентінің де алаптың барлық дерлік өзендері бойынша төмендегенін байқатады.

Ағындының үшінші параметрі – асимметрия коэффициенті бақылау мәліметтерінің теориялық қисықпен сәйкес келу дәрежесімен анықталды. Сарысу алабының көптеген өзендерінің деректеріне талдау жүргізу арқылы олардың көктемгі ағындысы қабатының үлестіріміне барынша жақын сәйкес келетін қамтамасыздық қисығы –  $C_s = 2C_v$  жағдайындағы Пирсонның III типті қисығы екендігі анықталды.

Ағынды нормасы мен вариация коэффициентін анықтау Қазақстанның жазықтық өзендері үшін маңызы ерекше, себебі бұл өзендердің ағыны жоғары өзгергіштігімен және көбінесе реттелгендігімен сипатталады. Бұған тағы да аумақтың нашар зерттелуі, су өлшеу материалдары сапасының төмендігін және көптеген өзендер мен бекеттерде бақылау қатарларының қысқа болып келуін қосуға болады. Гидротехникалық имараттарды жобалау, ауылшаруашылығы жұмыстарын жүргізу және апатты көктемгі су тасуларынан қорғану мәселелері ағынды нормасын және оның статистикалық параметрлерін дәл анықтауды қажет етеді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Арыстамбекова Д.Д., Жүсіпбеков Д.К. Нұра–Сарысу алабы өзендерінің көктемгі ағынды сипаттамаларын қалпына келтіру // Гидрометеорология и экология. – 2016. – №1(80). – С. 103-113.

2. Беркалиев З.Т. Гидрологический режим рек Центрального, Северного Западного Казахстана. – Алма-Ата, 1960. – С. 278-279.
3. Гальперин Р.И., Давлетгалиев С.К., Чигринцев А.Г., Молдахметов М.М., Махмудова Л.К., Авезова А. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана // АО «Национальный научно-технологический холдинг «Парасат», Институт Географии АО ЦНЗМО РК, Алматы, 2011. – Т.1. – С. 670-671.
4. Гальперин Р.И., Молдахметов М.М. Материалы по гидрографии Казахстана Бассейн реки Сарысу: (Гидрография. Водные ресурсы) // Казак университеті, 2003. – С. 83-84.
5. Голубцов В.В., Лаврентьев П. Ф. Методика расчета нормы годового стока рек и временных водотоков Центрального Казахстана // Труды КазНИГМИ. – Вып. 26. – Алма-Ата, 1967. – С. 25-32.
6. Государственный водный кадастр РК. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Книга 1. Ч.1 Реки и каналы Вып.4. Бассейны рек оз. Балхаш и бессточных районов Центрального Казахстана. – Алматы: Казгидромет, 2001.
7. Кузин П.С. Режим рек Южных районов Западной Сибири, Северного и Центрального Казахстана. – Л.: Гидрометеиздат, 1953. – С. 538-539.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 13. – Вып. 1. – Карагандинская область. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – С. 458-459.
9. Свод правил СП 33-101-2003 Определение основных расчётных гидрологических характеристик. Издание официальное. – М.: Госстрой России, 2004. – С. 11-18, 23-38

Поступила 05.05.2020

Э.Д.Ташимбетова  
Канд. геогр. наук Д.К. Джусупбеков

### **РАСЧЕТ СТОКА В ПЕРИОД ПОЛОВОДЬЯ БАССЕЙНА РЕКИ САРЫСУ**

**Ключевые слова:** период весеннего половодья, расчетный период, весенний сток, слой стока, статистические параметры, корреляция, коэффициенты вариации и асимметрии, расход воды

*В статье описываются особенности формирования весеннего стока и определены его статистические параметры на 10 гидрологических постах рек бассейна Сарысу. Они определены для*

естественного периода 1932...1965 гг. и для периода усиленной антропогенной нагрузки 1966 по 2016 гг. по отдельности. Параметры дисперсии и коэффициенты асимметрии были рассчитаны с учетом отрицательного смещения рядов весеннего стока. Результаты сравнения коэффициентов вариации весеннего стока рядов этих двух периодов показали, что за последние 50 лет значения слоя стока половодья немного уменьшились, а коэффициент вариации, также немного снизился почти на всех реках. Третий параметр стока – коэффициент асимметрии – определялся по степени соответствия эмпирических данных и теоретической кривой. Анализируя данные по многим рекам в бассейне Сарысу, было обнаружено, что предложенная кривая, которая наиболее -близко соответствует распределению весеннего стока, представляет собой кривую Пирсона III типа при  $C_s = 2C_v$ .

E.D. Tashimbetova, D.K. Dzhusupbekov

### CALCULATION OF RUNOFF DURING THE FLOOD OF THE SARYSU RIVER BASIN

**Key words:** spring flood period, calculation period, spring runoff, runoff layer, statistical parameters, correlation, variation and asymmetry coefficients, water flow

*The article describes the features of spring runoff formation and defines its statistical parameters at 10 hydrological posts of rivers in the Sarysu basin. They are defined for the natural period from 1932 to 1965 and for the period of increased anthropogenic load, from 1966 to 2016. The dispersion parameters and asymmetry coefficients were calculated taking into account the negative displacement of the spring runoff series.. The results of comparing the coefficients of variation of spring runoff in the series of these two periods showed that over the past 50 years, the values of the flood flow layer have decreased slightly, and the coefficient of variation has also decreased slightly on almost all rivers. The third parameter of the flow - the coefficient of asymmetry-was determined by the degree of correspondence between the empirical data and the theoretical curve. Analyzing data on many rivers in the Sarysu basin, it was found that the proposed curve, which most closely corresponds to the distribution of spring runoff, is a type III Pearson curve at  $C_s = 2C_v$ .*

ӘОЖ 551.5(574.42)

Геогр. ғылымд. кандид., доцент

Н.Н. Абаев<sup>1,2</sup>Ш.Е. Турашов<sup>1,2</sup>А.С. Нысанбаева<sup>2</sup>К.М. Болатов<sup>1,2</sup>**СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ АСТЫҚ  
ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІН БАҒАЛАУДА ЖЕРДІ  
ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДЫЛАУ ДЕРЕКТЕРІН ПАЙДАЛАНУ**

**Түйін сөздер:** вегетациялық кезең, вегетациялық индекс, өсімдік күйінің индексі, ГТК, топырақ жамылғысының өнімді ылғалдылық қоры

Мақалада астық дақылдарының өнімділігін бағалау үшін жерді қашықтықтан зондылау деректері қолдану мүмкіндігі көрсетілген. Жұмыс Америка Құрама Штаттарының NASA агенттігінің Terra жасанды жер серіктерінің 8 күндік түсірілімдері және жер беті метеостанциялары мәліметтерінен алынған предикторларға сүйене отырып жүргізілді. Жұмыс барысында Солтүстік Қазақстан облысының аудандары бойынша көп өлшемді регрессия теңдеулері құрастырылып 2018, 2019 жылдар үшін астық дақылдарының өнімділігі болжанып, жерсеріктік мәліметтерді пайдаланудың мүмкіншілігі анықталды. Құрастырылған теңдеулермен жүргізілген болжау жұмысарының нәтижесінде 2018 жылға берілген болжамның орташа салыстырмалы қателігі 1,6 ц/га немесе 9 % болды, ал 2019 жылға берілген болжамның салыстырмалы қателігі 2,2 ц/га немесе 12 % тең болды.

**Кіріспе.** Ел экономикасын дамытудың және әлеуметтік тұрақтылықты қамтамасыздаудың аса маңызды шарттарының бірі ауыл шаруашылығы алқаптарын тиімді пайдалану және оны ұтымды басқару болып табылады. Қазақстан Республикасы әлемдік астық өндіруші мемлекеттердің қатарында болғандықтан, ауыл шаруашылығы саласында

<sup>1</sup> «Қазгидромет» РМК, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup> әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы қ., Қазақстан



жаңа технологияларды еңгізу және пайдаланудың маңыздылығы күнен күнге артуда [2].

Мемлекеттік агроөнеркәсіптік бағдарламаларды жүзеге асырудағы маңызды рөл еліміздің астық алқабына – солтүстік өңірлерге (Солтүстік Қазақстан облысы, Ақмола облысы, Қостанай облысы, Павлодар облысы) беріледі, онда дәнді дақылдарға миллиондаған гектар жер аумақтары бөлінген [2].

Климаттық ресурстар ауыл шаруашылығының даму жағдайын анықтайтын негізгі табиғи факторлардың бірі болып табылады.

Ауыл шаруашылығын дамыту агроклиматтық ресурстарды мұқият есепке алу негізінде оның салаларын аумақ бойынша ұтымды бөлуді талап етеді. Агроклиматтық жағдайларды есепке алу нақты аумақ климатының ауыл шаруашылығы дақылдарының талаптарына сәйкестігін анықтауға мүмкіндік береді.

Климат пен ауа-райын қоршаған орта шарты ретінде қарастыра отырып, агрометеорологиялық жағдайлардың ауыл шаруашылығы дақылдары өнімділігінің өсуімен, дамуымен және қалыптасуымен үйлесуін бағалау қажет. Бұл ретте ауа райы жағдайы туралы білім жеткіліксіз, сонымен қатар, мәдениеттің орта факторларына деген қажеттілігін ескеру қажет. Қазақстан аумағында, дәнді дақылдар өнімділігінің ауа райы факторларына бағыныштылығын көптеген авторлар жан-жақты зерттеген [1].

Қазіргі уақытта, жерді қашықтықтан зондылаудың заманауи құрылғылары ауылшаруашылық алқаптарының жағдайы туралы жедел және нақты мәліметтермен сапалы мониторинг жүргізуді қамтамасыздайды [9]. Осы тұрғыда Америка Құрама Штаттарының NASA агенттігінің Terra, Aqua, Landsat және Sentinel секілді жасанды жер серіктерінің тұрақтыәрі ұзақ мерзімді жұмыс атқаруы нәтижесінде күнделікті бақылаулардың көпжылдық мәліметтер қатарын қолдануға мүмкіндік берді [11, 13, 16, 17]. Көптеген ғалымдар өсімдік жамылғысының жерсеріктік бақылауларын және статистикалық мәліметтерін, жер беті метеорологиялық мәліметтерімен бірге пайдалану арқылы дақылдар жағдайының оперативті мониторингісі және өнімділікті болжауды жоғарылату технологиясын құрастыруда жұмыстар атқарып, айтарлықтай нәтижелерге жеткен [5].

Берілген жұмыста Жерді қашықтықтан зондылау деректерін жербеті мәліметтерімен пайдалана отырып Солтүстік Қазақстан облысы аудандарының астық дақылдары өнімділігін бағалау жүргізілді.

**Зерттеудің нысаны және мәліметтері.** Солтүстік Қазақстан облысы (СҚО) – Республикамыздың ірі астық дақылдарын өндіруші аумағы. Облыстың климаты географиялық орналасуына байланысты континенталды болып табылады. Ұзаққа созылатын суық қыс, қысқа мерзімді ыстық жаз, біркелкі таралмаған ылғалдану, құбылмалы аралық мерзімдермен сипатталатын аумақта астық дақылдары өнімділігінен көрініс табады.

Зерттеу барысында Солтүстік Қазақстан облысының (СҚО) аудандары бойынша «Қазгидромет» РМК бақылау желісінің 2000...2019 жж. аралығындағы метеорологиялық мәліметтері және аудан бойынша орташаланған дәнді дақылдар өнімділігі (ц/га) жинақталды. Метеорологиялық мәліметтер ретінде орташа тәуліктік ауа температурасы (Т), жауын шашын мөлшері (R), ауа ылғалдылығы тапшылығы (DEF), 0...100 см аралығындағы топырақ ылғалдылығы қоры (Z) пайдаланылды. Жасанды жер серіктік мәліметтер ретінде Terra жерсерігінің MODIS спектрорадиометрімен алынған [6] 8-күндік MOD09A1 композиттері қолданылады [3, 15].

Жер серіктік мәліметтерді өңдеу және есептеу жұмыстары ArcMap 10,2 геоаппараттық жүйесінде жүргізілді. Сурет 1-де СҚО аудандарының аумақтары және жер беті метеорологиялық станцияларының орналасу орындары берілген.

**Зерттеудің әдістері.** Зерттеу барысында қазіргі кезде кең қолданылатын агроклиматтық индекстер қолданылды.

Ең танымал және жиі қолданылатын вегетациялық индекс – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) [7, 8]) өткен ғасырдың 80-жылдарының басында ұсынылған [14]. NDVI есептеу жолы келесідей:

$$NDVI = \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS}, \quad (1)$$

мұндағы, VIS, NIR – электромагниттік спектрдің көрінетін қызыл және инфрақызыл диапазондарындағы төсеме бетінің шағылысу қабілеті [9].

Вегетация күйінің индексі (VCI) интегралды болып табылады, яғни өсімдік жамылғысының ағымдағы жай-күйін ғана емес, сонымен қатар орташа, ең төменгі және ең жоғары көпжылдық көрсеткіштерді де ескереді. Осы көрсеткіштің негізгі мақсаты-вегетацияның ағымдағы жағдайларын сапалық деңгейде бағалау: нормадан төмен немесе осы кезең үшін орташа көпжылдық мәндерден жақсы. VCI-тің өзгеру динамикасы, мысалы, құрғақшылықтың басталуын қадағалауға және оның таралу аймағын анықтауға мүмкіндік береді [10, 12].



Сур.1. СҚО аудандарының аумағы.

Ауыл шаруашылығы дақылдарына метеорологиялық факторлардың әсерін бағалау үшін, кең қолданысқа ие Г.Т. Селяниновтың гидротермикалық коэффициенті (ГТК) пайдаланылды. ГТК келесі формуламен анықталды:

$$\text{ГТК} = \frac{\sum P}{0,1 \sum T}, \quad (2)$$

мұндағы,  $\sum P$  – белгілі бір уақыт аралығындағы жауын-шашын мөлшері (мм),  $\sum T$  – сол уақыт аралығындағы ауа температурасы соммасы [9]. ГТК есептеу барысында тек орташа тәуліктік ауа температурасы  $10^\circ\text{C}$ -тан жоғары болған жағдайлар алынады.

Зерттеу барысында ауыл шаруашылығы алқаптарынан тыс, өзге объектілердің әсерін азайту үшін, жоғарыда аталған аудандардың векторлық пішіндері дайындалып, тек алқаптарға тән NDVI индекстерінің көрсеткіштері алынды. Вегетациялық мерзім бойынша жылу және ылғал қорымен қамтамасыздығын бағалау үшін маусым айының 1-декадасынан бастап жинақталған көрсеткіштер есептелінді.

Метеорологиялық бақылаулармен қамтамасыз етілмеген аудандар бойынша жақын орналасқан станциялар мәні алынды. Алайда, Метеорологиялық станциялардағы бақылаулар тек сол аумаққа ғана репрезентативті болғандықтан, үлкен аумаққа бірнеше (3 станция)

метеорологиялық станция мәндерінің орташаланған көрсеткіштері пайдаланылды.

Астық дақылдарының өнімділігін бағалауда пайдаланылған болжамдық предикторлардың тізімі:

- NDVI – вегетациялық индекс (егіс алқаптары бойынша);
- VCI – өсімдік күйінің индексі (егіс алқаптары бойынша);
- ГТК – Гидротермикалық коэффициент;
- $\Sigma$ ГТК – жинақталған ГТК;
- ЗГТК – 3-метеостанция бойынша ГТК-нің орташа мәні;
- $\Sigma$ ЗГТК – 3-метеостанция бойынша жинақталған ГТК;
- Z – топырақтағы өнімді ылғал қоры (0...100 см);
- $\Sigma$ Z – жинақталған топырақтағы өнімді ылғал қоры;
- 3Z – 3-метеостанция бойынша топырақтағы өнімді ылғал қорының орташа мәні;
- $\Sigma$ 3Z – 3-метеостанция бойынша жинақталған топырақтағы өнімді ылғал қоры;
- DEF – ауа ылғалдығы тапшылығы;
- $\Sigma$ DEF – жинақталған ауа ылғалдылығы дефициті;
- 3DEF – 3-метеостанция бойынша ауа ылғалдығы тапшылығының орташа мәні.
- $\Sigma$ 3DEF – 3-метеостанция бойынша жинақталған ауа ылғалдығы тапшылығы.

**Нәтижелер және талқылау.** Жоғарыда келтірілген болжамдық предикторлармен астық дақылдары арасындағы корреляциялық байланыс әрбір аудан бойынша анықталды. Аудандардың физика-географиялық орналасуына және агроклиматтық ресурстарына байланысты болжамдық предикторлардың корреляциялық байланысы әркелкі. 1-ші кестеде Айыртау ауданы бойынша вегетациялық кезеңнің әрбір 8-күндігіне сәйкес предикторлардың астық дақылдарымен байланысы келтірілген.

Ең тығыз байланыстар (0,40...0,80 шегінде корреляция коэффициенті) NDVI, VCI және жинақталған ауа ылғалдылығы тапшылығы арасында байқалады. ГТК және астық дақылдары өнімділігі арасындағы байланыс қанағаттандырарлық деңгейде.

Келесі кезекте вегетациялық кезеңнің әрбір 8 күндігіне жинақталған предикторлар бойынша көп өлшемді регрессия теңдеулері құрастырылды. Теңдеулерді құрастыруда 2000...2017 жж. бойынша мәліметтер қатары пайдаланылды. Яғни, әрбір 8-күндікке предикторлар

бойынша, әртүрлі топтастыруларды пайдаланып теңдеулер құрастырылды. Теңдеулерді топтастыруда вегетациялық индекстерден басқа қайталанбайтын екі айнымалыдан тұратын 32 теңдеу құрастыру мүмкіндігі туды.

Кесте 1

Айыртау ауданы бойынша дәнді дақылдардың өнімділігімен предикторлардың корреляциялық байланыстары

Предиктор	8-күндіктер						
	18.06... 25.06	26.06... 03.07	04.07... 11.07	12.07... 19.07	20.07... 27.07	28.07... 04.08	05.08... 12.08
NDVI	0,02	0,39	0,44	0,68	0,66	0,58	0,75
VCI	0,07	0,40	0,46	0,69	0,68	0,60	0,75
ГТК_Саумал көл	0,25	0,06	0,35	0,00	-0,11	0,19	0,22
ΣГТК_Саума лкөл	0,49	0,37	0,52	0,42	0,38	0,41	0,42
ЗГТК	0,42	0,14	0,25	0,01	-0,03	0,09	0,25
ΣЗГТК	0,46	0,43	0,54	0,46	0,40	0,46	0,49
Z_Саумалкөл	0,21	0,36	0,26	0,25	0,24	0,23	0,15
ΣZ_Саумалк өл	0,49	0,45	0,48	0,45	0,45	0,44	0,42
ЗZ	0,30	0,50	0,46	0,30	0,23	0,30	0,10
ΣЗZ	0,50	0,52	0,52	0,50	0,48	0,47	0,44
DEF_Саумал көл	-0,58	-0,28	-0,60	-0,46	-0,61	-0,51	-0,65
ΣDEF_Саума лкөл	-0,68	-0,68	-0,73	-0,73	-0,74	-0,76	-0,81
ЗDEF	-0,55	-0,32	-0,54	-0,44	-0,57	-0,45	-0,65
ΣЗDEF	-0,67	-0,66	-0,70	-0,70	-0,70	-0,71	-0,76

Зерттеу аумағы бойынша астық дақылдары өнімділіктерінің көпжылдық сипаттамалары қарастырылды (кесте 2). Кесте -ге сәйкес, аумақ бойынша астық дақылдары өнімділігі жылдан-жылға әрқелкі таралатындығы көрінеді. Ең аз орташа аудандық өнімділік Шал ақын және Тимирязев аудандарына сәйкес келсе (5,1 және 5,3 ц/га), ең көп өнімділік Қызылжар және Тимирязев аудандарында жинақталған (28 ц/га).

Өнімділігі тұрақтылығымен Мамлют және Аққайың аудандары көзге түседі, бұл аудандарда вариация коэффициенті 0,2-ге тең. Жоғарыда аталғандай облыс аумағы континентальды климат пен тұрақсыз ылғалдану әсерінен өнімділік жылдан жылға ауытқымалы болып келеді. Мысалы 13 ауданның 4-і 2000 жылы ең минималды өнімділікке ие болса, 2011 аса қолайлы жағдайлар орын алғанда 11 ауданда максималды өнімділік жинақталған.

Кесте 2

СҚО аудандары бойынша астық өнімділігінің көпжылдық сипаттамалары (1975...2017 жж.)

Аудан	Көпжылдық орташа өнімділік, ц/га	Орташа квадраттық ауытқуы	Вариация коэффициенті	Минимумы	Максимумы
Айыртау ауданы	13,4	4,4	0,3	7,7 (2000)	25 (2011)
Ақжар ауданы	11,6	4,0	0,3	5,7 (2000)	18 (2011)
Аққайың ауданы	15,5	3,7	0,2	9,4 (2004)	24,2 (2011)
Есіл ауданы	13,8	4,2	0,3	6,9 (1975, 1998)	25 (2011)
Жамбыл ауданы	13,2	3,8	0,3	7 (1989)	22,1 (2015)
Мағжан Жұмабаев ауданы	13,5	3,5	0,3	7,9 (1989)	22 (2011)
Қызылжар ауданы	14,4	4,5	0,3	6,4 (1998)	28 (2011)
Мамлют ауданы	15,5	3,2	0,2	10,8 (2005)	21,7 (2011)
Ғабит Мүсірепов ауданы	13,0	4,3	0,3	7,6 (2000)	24 (2011)
Тайыншы ауданы	12,6	3,7	0,3	5,7 (2000)	21,1 (2011)
Тимирязев ауданы	12,2	4,3	0,3	5,3 (1975)	28,1 (2011)
Уалиханов ауданы	10,6	4,0	0,4	5,8 (2003)	16,3 (2015)
Шал ақын ауданы	12,7	3,7	0,3	5,1 (1975)	20 (2011)

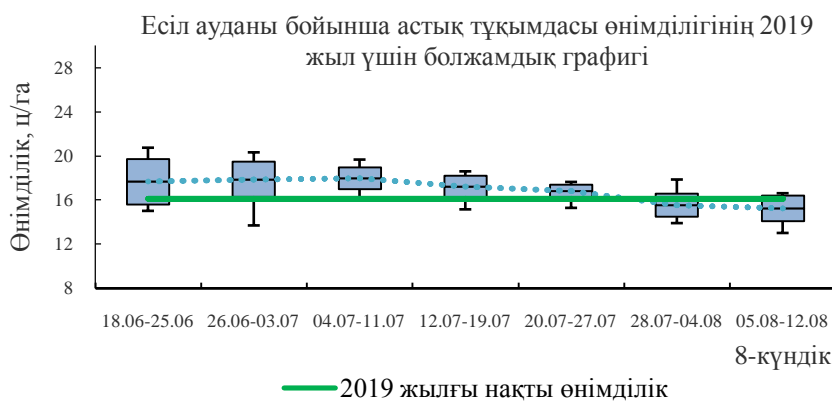
**2018 және 2019 жылдарға астық өнімділігін болжау.**

Теңдеулерді пайдаланып вегетациялық кезеңнің әрбір 8-күндігі бойынша ансамбльдік болжау әдісін пайдаланып, 2018 және 2019 жылдарда тәуелсіз мәліметтер негізінде болжамдар жасалынды.

Сурет 2...3 сәйкес, Қызылжар және Есіл аудандары бойынша ансамбльдік болжаудың мысалы келтірілген.



Сур. 2. Қызылжар ауданы бойынша 2018 жылғы ансамбльдік болжаудың мысалы.



Сур. 3. Есіл ауданы бойынша 2019 жылғы ансамбльдік болжаудың мысалы.

3-кестеде СҚО аудандары бойынша 2018 және 2019 жылы жүргізілген авторлық бақылау нәтижелері берілген.

Кесте 3-ке сәйкес, Жасанды жерсерік бойынша алынған мәліметтер мен жер беті метеорологиялық бақылау станцияларының мәліметтерін кешенді түрде пайдаланып, ауылшаруашылық дәнді-дақылдарды өнімділігін бағалау мүмкіндігін көруімізге болады. 2018 жылға жүргізілген бағалау жұмыстары бойынша жалпы Солтүстік Қазақстан облысы бойынша орташа салыстырмалы қателік 1,6 ц/га немесе 9 %

болды, ал 2019 жылға жүргізілген бағалау жұмыстарында сәйкесінше салыстырмалы қателік 2,2 ц/га немесе 12 % тең болды. Аудандар бойынша тек Ақжар ауданы бойынша салыстырмалы қателік 2018 жылы 21 % және Мағжан Жұмабаев ауданы бойынша 2019 жылы 22 %-ды құрады, өзге аудандар бойынша 2018 және 2019 жылғы кезең бойынша салыстырмалы қателік 20 %-дық шектен аспаған.

Кесте 3

2018...2019 жылғы дәнді-дақылдардың өнімділігін бағалау

Аудан	Өнімділікті бағалау, ц/га		Нақты өнімділік, ц/га		Салыстырмалы қателік, %	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Айыртау	17,0	15,6	16,7	16,9	2	8
Аққайын	17,4	17,5	18,5	15,6	6	12
Ақжар	14,1	14,8	18	18,3	21	19
Есіл	17,2	16,9	16,6	16,1	3	5
Ғ. Мүсірепов	17,1	13,9	16,5	17,2	4	19
Қызылжар	16,5	17,3	20,5	15,3	19	13
М. Жұмабаев	17,1	18,0	16,5	23,2	4	22
Мамлют	15,5	16,2	16,9	19	9	15
Шал ақын	15,6	15,2	16	16,8	2	10
Тайыншы	16,2	16,2	15	15,8	8	2
Тимирязев	17,2	14,1	16,2	14	6	1
Ш. Уалиханов	14,0	13,2	17	16,2	17	19
Жамбыл	17,9	16,7	21	14,5	15	15

**Қорытынды.** Қазіргі уақытта ауылшаруашылық дақылдарын жер беті мәліметтері бойынша өнімділікті бағалау жүргізіліп келсе, авторлармен жүргізілген жұмыс қашықтықтан зондылау мәліметтерін кешенді пайдалану артықшылықтарын көрсетеді. Келесі бір артықшылық, вегетациялық кезеңнің алғашқы декадаларынан бастап өнімділікті бағалау мүмкіндігінде. 2018 жылға жүргізілген бағалау жұмыстарына сәйкес жалпы Солтүстік Қазақстан облысы бойынша орташа салыстырмалы қателік 1,6 ц/га немесе 9 % болды, ал 2019 жылға жүргізілген бағалау жұмыстарында сәйкесінше салыстырмалы қателік 2,2 ц/га немесе 12 % тең болды.



## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Агроклиматические ресурсы Северо-Казахстанской области: научно-прикладной справочник / Под ред. С.С. Байшолонова – Астана, 2017. – 125 с.
2. АПК Информ. Казахстан на мировом рынке зерна. [Электрон. ресурс]. – 2006 URL. <https://www.apk-inform.com/> [дата обращения 17.10.2019].
3. Клещенко А.Д., Вирченко О.В., Савицкая О.В. Методы оценки урожайности зерновых культур и ее пространственного распределения на основе агрометеорологических и спутниковых данных / Вопросы радиометеорологии, 2013 – С. 305-315.
4. Клещенко А.Д., Лебедева В.М., Найдина Т.А., Савицкая О.В. Использование спутниковой информации MODIS в оперативной агрометеорологии // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Институт космических исследований Российской академии наук, 2015. – Т. 12. – № 2. – С. 143-154.
5. Клещенко А.Д., Савицкая О.В., Технология ежедекадной оценки урожайности зерновых культур по спутниковой и наземной агрометеорологической информации. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса Институт космических исследований Российской академии наук, 2011. – Т. 8. – № 1. – С. 178–182.
6. Курбанов Э.А., Воробьев О.Н., Губаев А.В., Лежнин С.А., Полевщикова Ю.А. Оценка точности и сопоставимости тематических карт лесного покрова разного пространственного разрешения на примере Среднего Поволжья // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Институт космических исследований Российской академии наук, 2016. – Т. 13. – № 1. – С. 36–48.
7. Полищук Ю.М., Хамедов В.А., Русакова В.В. Дистанционные исследования воздействия факельного сжигания попутного газа на лесорастительный покров нефтедобывающей территории с использованием вегетационного индекса // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса Институт космических исследований Российской академии наук, 2016. – Т. 13. – № 1. – С. 61–69.
8. Сладких Л.А., Сапрыкин Е.И., Захватов М.Г., Сахарова Е.Ю. Технология мониторинга состояния посевов по данным дистанционного зондирования Земли на юге Западной Сибири – ГЕОМАТИКА, 2016 – №2 – С. 39-48.
9. Терехов А.Г., Кауазов А.М. Подспутниковый MODIS-ориентированный анализ информативности вегетационных индексов в

задаче описания состояния яровой пшеницы Северного Казахстана // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2007. – Выпуск 4. – Т. 2. – С. 352-357.

10. Хайбрахманов Т., Геоинформационные сервисы космического мониторинга сельскохозяйственных земель // Земельные отношения и землеустройство. – 2016. – МСХЖ №4. – С. 9-12.
11. Aqua Earth-observing satellite mission.[Электрон. ресурс]. – URL. <https://aqua.nasa.gov/> [дата обращения 17.10.2019].
12. Huete A.R., Justice C. MODIS vegetation index (MOD13) algorithm theoretical basis document. Ver. 3. 1999
13. Landsat Science.[Электрон. ресурс]. – URL. <https://landsat.gsfc.nasa.gov/> [дата обращения 17.10.2019].
14. Liu, W.T. and F.N. Kogan, 1996: Monitoring regional drought using the Vegetation Condition Index. International Journal of Remote Sensing, 17(14): 2761–2782.
15. MODIS Web.[Электрон. ресурс]. – URL. <https://modis.gsfc.nasa.gov/> [дата обращения 17.10.2019].
16. Sentinel Online. [Электрон. ресурс]. – URL. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home> [дата обращения 17.10.2019].
17. Terra: the EOS Flagship. [Электрон. ресурс]. – URL. <https://terra.nasa.gov/> [дата обращения 17.10.2019].

Поступила 06.05.2020

Канд. геогр. наук, доцент  
Н.Н.Абаев  
Ш.Е. Турашов  
А.С. Нысанбаева  
К.М. Болатов

#### **ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Ключевые слова:** вегетационный период, вегетационный индекс, индекс состояния растений, ГТК, продуктивная влажность почвенного покрова

*В статье представлена возможность применения данных дистанционного зондирования Земли для оценки урожайности зерновых культур. Работа проводилась с использованием предикторов, полученных по данным 8-дневных съемок спутников космического агентства Соединенных Штатов Америки NASA Terra и данным наземных метеостанций. В ходе работы были*

*составлены уравнения многомерной регрессии по районам Северо-Казакстанской области с прогнозом урожайности зерновых культур за 2018, 2019 годы и определены возможности использования спутниковых данных. В результате проведенной прогнозной работы с собранными уравнениями средняя относительная погрешность прогноза на 2018 год составила 1,6 ц/га или 9%, а относительная погрешность прогноза на 2019 год составила 2,2 ц/га или 12%.*

N.N. Abaev, Sh.E. Turashov, A.S. Nyssanbaeva, K.M. Bolatov

## **REMOTE SENSING DATA USING IN CROP YIELD ASSESSMENT OF THE NORTH KAZAKHSTAN REGION**

**Keywords:** vegetation period, vegetation index, plant condition index, hydrothermal coefficient, productive soil moisture

*The article presents the possibility of using remote sensing data to assess crop yields. The work was carried out using predictors obtained from the 8-day surveys of Terra satellites of The US National Aeronautics and Space Administration and weather stations. In the course of the work, multidimensional regression equations were compiled for the regions of the North Kazakhstan region with the forecast of grain yield for 2018 and 2019, and the possibility of using satellite data was determined. As a result of the forecast work with the collected equations, the average relative error of the forecast for 2018 was 1,6 C / ha or 9 %, and the relative error of the forecast for 2019 was 2,2 C/ha or 12 %.*

Техн. ғылымд. канд.  
Геогр. ғылымд. канд.

К.К. Дускаев<sup>1</sup>  
А.Г. Чигринец<sup>1</sup>  
А.З. Гаппаров<sup>1</sup>  
С.Т. Ахметова<sup>1</sup>

### ҮЛКЕН ЖӘНЕ КІШІ АЛМАТЫ ӨЗЕНДЕРІ БАССЕЙНДЕРІ БОЙЫНША МИНИМАЛДЫ ЖАЗҒЫ-КҮЗГІ АҒЫНДЫНЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫ

**Түйін сөздер:** жылдық ағынды, жылдық минималды ағынды, вариация коэффициенті, асимметрия коэффициенті, корреляция коэффициенті, ағынды қабаты, қамтамасыздық қисығы

*Мақалада Үлкен және Кіші Алматы өзендері бассейнінің минималды ағындының негізгі сипаттамаларын есептеу нәтижелері қалпына келтірілген шамаларды және 2017 жылға арналған кадастрлық материалдарды пайдалана отырып берілген.*

*Зерттеу нәтижелері бойынша Үлкен және Кіші Алматы өзендерінің минималды орташа айлық жазғы-күзгі ағындының көпжылдық жүрісінің аумақтық үйлесімділігі анықталды, оның параметрлері нақтыланып, жаңа деректер алынды.*

**Кіріспе.** Гидрологияда суы аз маусымда байқалған өзен ағындысын айтарлықтай су тасқыны жоқ болған жағдайда сабалық ағынды деп, ал ол байқалатын уақытты сабалық кезең деп атау қабылданған [1].

Сабалық ағынды терминінің синонимі ретінде минималды ағынды түсінігі кеңінен қолданылады.

Минимал ағынды су тұтыну мен су пайдалануды шектейтін бірден бір фактор және бұл сипаттама ұзақ уақыт бойы қуаңшылық орын алғанда экономиканы, қоғамның дамуын шектейді, ал кейде апаттық жағдайларға алып келеді. Сонымен қатар, қазіргі кезде өзен суларын сарқылудан және ластанудан қорғау шараларын жүзеге асыру үшін минимал ағынды жөнінде деректер қажет. Сондықтан минимал ағынды жөніндегі деректер негізгі гидрологиялық сипаттамалардың қатарына жатады.

---

<sup>1</sup> әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

Минималды ағынды басталуы мен аяқталуы климаттық факторлармен айқындалады және аумақ бойынша таралуы бойынша географиялық ендік заңдылығына бағынады [1...4].

Ерекше айтуға қажет, өзендердің минималды ағындының зерттенділігі жылдық және максималды ағындымен салыстырғанда әлдеқайда әлсіз.

Үлкен және Кіші Алматы өзендері Іле Алатауның солтүстік бөктерінің негізгі өзендеріне жатады.

Үлкен және Кіші Алматы өзендерінің ағындысы Қазақстандағы ең ірі мегаполистің – Алматы қаласының экологиялық жағдайының, рекреациялық орындарының, ауыз сумен қамту жүйесінің негізгі құраушыларының бірі болып табылғаннан, бұл өзендердің минималды ағындысының ерекшеліктерін анықтау және негізгі сипаттамаларын есептеу қажеттілігі туындайды.

**Зерттеу нысаны.** *Кіші Алматы өзенінің алабы.* Өзен бассейніндегі алғашқы гидрологиялық станция 1912 жылы Алматы қаласынан 7 км жоғары жерде – өзеннің таудан шыққан жерде ашылды. Ол тек вегетациялық кезеңде жұмыс істеді, ал 1921 жылы жабылды. Осы өзен бойынша су ағындысы туралы деректер 1916 жылдан бері бар. 1934 жылдан бастап өзен бассейнінде гидрометриялық желі дамиды, ол Қазгидрометтің желісіне және басқа ведомстволық ұйымдарға тиесілі 50-ден астам гидрометриялық тұстамадан тұрады.

Қазіргі уақытта Кіші Алматы өзенінің бассейнінде (Қазгидромет мәліметтері бойынша) барлығы 7 гидрологиялық бекет (1 су өлшегіш) жұмыс істейді [10].

*Үлкен Алматы өзенінің алабы.* Үлкен Алматы өзеніндегі алғашқы гидрологиялық бекет 1907 жылы ұйымдастырылды. Өзеннің гидрологиялық сипаттамаларының өзгеруі өзенде 3 бекет ашылған кезде 1928 жылдан бастап кеңінен зерттеле бастады. Өзен бассейнінде түрлі ведомстволарға тиесілі 40-қа жуық бекет жұмыс істеді. Қазіргі уақытта жұмыс істеп тұрған бекеттер саны – 5 [7, 10].

Қарастырылатын аумақтың жекелеген аудандарының сабалық ағындыны қалыптастыру ерекшеліктері климаттық, сондай-ақ су жинау аумағының гидрогеологиялық жағдайларының елеулі түрлілігімен келісілген. Су жинау аумағының ылғалдану дәрежесі сабалық ағындының шамасын анықтайтын басты фактор болып табылады.

Сонымен қатар, қарастырылып отырған аумақта бірдей климаттық жағдай шамасында минималды ағынды аумақтың жергілікті физика-географиялық ерекшеліктеріне байланысты болады: рельеф, бассейндік геологиялық құрылымы, арнаның ойылу тереңдігі және топырақтың инфильтрациялық қасиеттері.

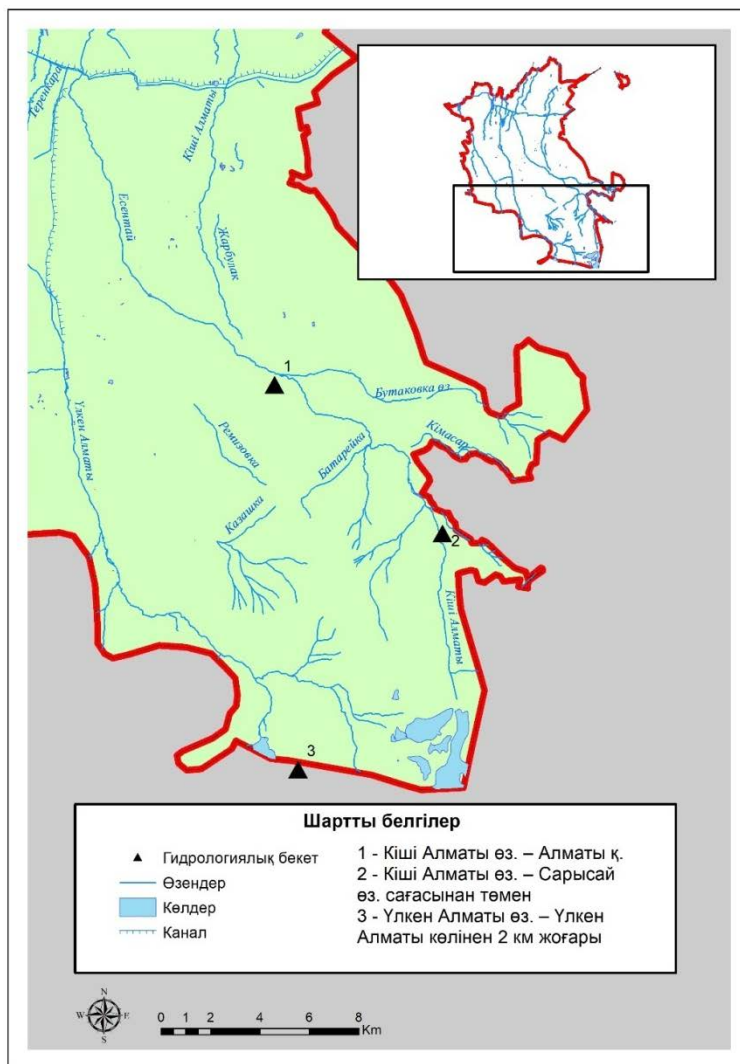
Іле Алатауның таулы өзендерінде, төменгі аймақтарды қоспағанда, минималды су шығыны қыс аяғында жер асты суларының саркылуында байқалады. Мысалы үшін, Үлкен Алматы өзеніндегі сабалық кезең орташа алғанда жеті айға созылады (қыркүйек-наурыз). Жазғы кезеңде судың минималды шығыны қыркүйек-қарашада, ал қысқы кезеңде – қаңтар-наурызда байқалады. Минималды ағындының төменгі көрсеткіші қысқы сабалық кезеңге сай келеді [2, 3, 6...11].

**Бастапқы мәліметтер мен зерттеу әдістері.** Бұл жұмыста соңғы жылдардағы деректерді пайдалана отырып, Үлкен және Кіші Алматы өзендерінің минималды ағындыны барысында қатарды қалпына келтіру, қамтамасыздық қисығын тұрғызу, статистикалық параметрлерін айқындау, қамтамасыздығы әр түрлі су өтімдерін анықтау нәтижелері толық келтірілді.

Алынған өзендерінің минималды ағындының қалыбын есептеу үшін жылдық ағындының қалыбын анықтау үшін репрезентативтік қатар қабылданған, себебі оларды қалыптастыру негізгі фактор болып климат табылады.

Көптеген жағдайларда жоғары дәрежеде кездейсоқ себептерден тәуелді минималды ағындының қалыбының мәндері Үлкен және Кіші Алматы өзендерінің минималды ағындының нақты бақылау қатарларының орташа арифметикалық мәндері ретінде алынған.

Қазіргі жағдайда минималды ағындының есептік шамаларын бағалау үшін Қазгидрометтің гидрологиялық желісі пункттерінде бақыланған су өтімдерінің қатарлары мен гидрологиялық материалдарына талдау жүргізілді. Минималды ағындының сипаттамасы ретінде. Үлкен Алматы өз. – Үлкен Алматы көлінен 2 км жоғары, Кіші Алматы өз. – Алматы қ. және Кіші Алматы өз. – Сарысай өз. сағасынан төмен гидробекеттеріндегі орташа айлық минималды жазғы-күзгі су өтімдері қарастырылды. Үш гидробекет бойынша жуық бақылау периодтары алынды, бұл 1952...2017 жж. және соңғы екі бекетке 1934...2017 жж. сәйкесінше. Өзендердегі есептік тұстамалардың орналасу сұлбасы 1-суретте келтірілген.



Сур. 1. Үлкен Алматы өз. – Үлкен Алматы көлінен 2 км жоғары, Кіші Алматы өз. – Алматы қ. және Кіші Алматы өз. – Сарысай өз. сағасынан төмен гидрологиялық бақылау бекеттерінің орналасу сұлбасы.

**Өзендердің минималды ағындысының есептік шамалары.** Минималды өтім көктемгі немесе көктемгі-жазғы су тасқыны өткеннен кейін топырақты қоректендіру есебінен қалыптастырылады. Қысқы минимум жазғы минимумнан аз, бұл жер асты қоректенуінің азаюымен байланысты. Жазғы-күзгі және қысқы сабалық кезеңдер нақты жылдарға сәйкес ағынды гидрографтары бойынша бөлінген [3].

Таулы аудандарда және артық ылғалдану аймағында минималды ағынды әдетте қыста, жеткіліксіз ылғалдану аймағында – жазда, ал өтпелі аймақтарда – жазда, қыста байқалады. Өртүрлі гидрологиялық және су шаруашылығы есептерінде минималды ағындының мынадай сипаттамалары пайдаланылады:

- жыл ішілік минималды тәуліктік өтімі;
- орташа айлық минималды өтімі (күнтізбелік ай үшін);
- 30 тәулік ішіндегі минималды ағынды орташа су өтімі (күнтізбелік ай емес);
- судың минималды он күндік өтімі;
- абсолюттік минимум, ол толық бақылау жүрген кезеңіндегі минималды тәуліктік өтім болып табылады және өзен ағындысының табиғи суының табиғи ықтимал азаю деңгейін көрсетеді [3, 11].

Сондай-ақ, басқа кезеңдердегі минималды ағынды орташа су өтімімен бірге пайдалану бойынша ұсыныстар бар (7, 23, ..., 284 тәул.) [1...2].

Минималды 30-тәуліктік (күнтізбелік емес) ағынды мынадай түрде анықталады. Әрбір жыл үшін ағындының гидрографы бойынша немесе күнделікті су өтімінің кестесі бойынша ұзақтығы 30 тәулік ішіндегі минималды су шығыны бар учаске анықталады және таңдалған кезеңдегі орташа өтім есептеледі. Минималды 30-тәуліктік өтімер орташа айлық күнтізбелік өтімнен аз немесе тең болады [4...11].

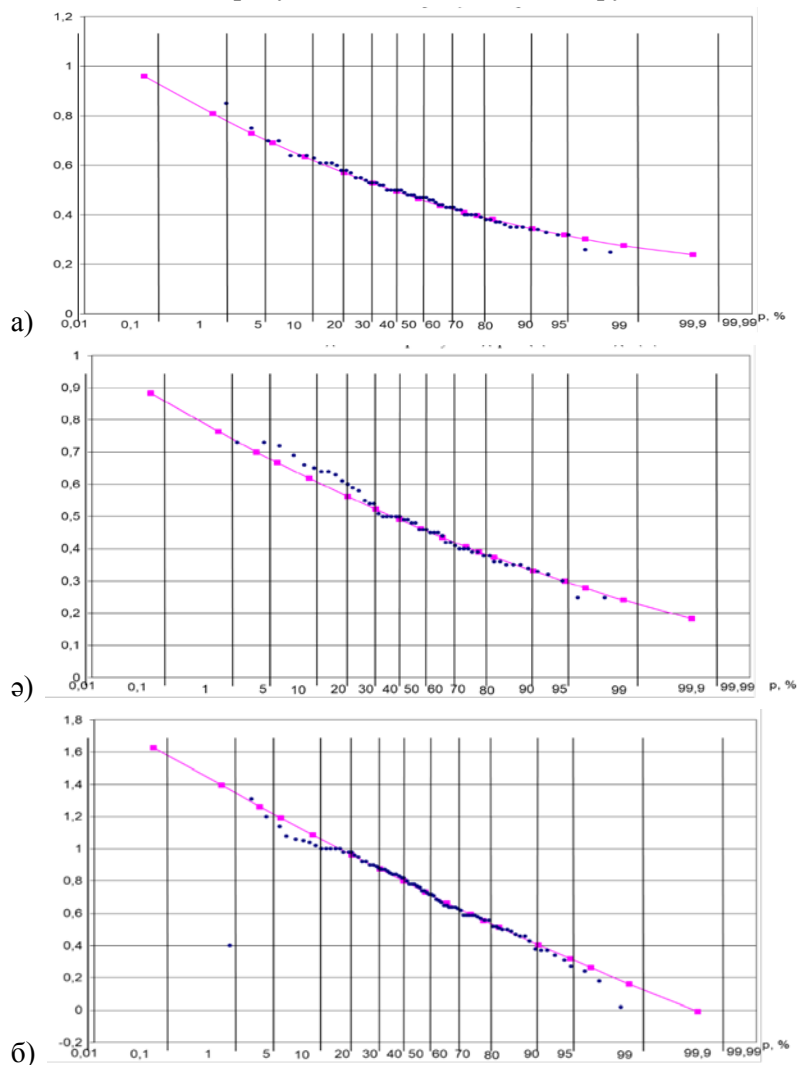
Минималды айлық ағынды гидрологиялық жылдың жазғы-күзгі сабалық кезеңіне (IX...III) есептеледі. Бұл деректер ағынды шаруашылық пайдалану үшін, ең алдымен шаруашылық-тұрмыстық сумен жабдықтаудың түрлі мәселелерін шешу үшін маңызды болып табылады.

Өзендердің минималды ағындының таралуының негізгі параметрлеріне норма, вариация және асимметрия коэффициенттері және әртүрлі деңгейде қамтамасыз етілген су өтімдері жатады. Бұл ағындының сипаттамалары ең аз айлық ағындыға қатысты анықталған.

Минималды ағындының нормалары, вариация ( $C_v$ ) және асимметрия ( $C_s$ ) коэффициенттері,  $C_v$  және  $C_s$  параметрлерінің ығысуына түзетулер енгізу арқылы жалпы қабылданған формулалар бойынша анықталған [4...11]. Әр түрлі қамтамасыз етілген су өтімін анықтау үшін қамтамасыз ету қисықтары жасалды. Үлкен Алматы өз. – Үлкен Алматы көлінен 2 км жоғары, Кіші Алматы өз. – Алматы қ. және Кіші Алматы өз. – Сарысай өз. сағасынан төмен гидробекеттері бойынша салынған қамтамасыздық қисықтары 2-суретте келтірілген.

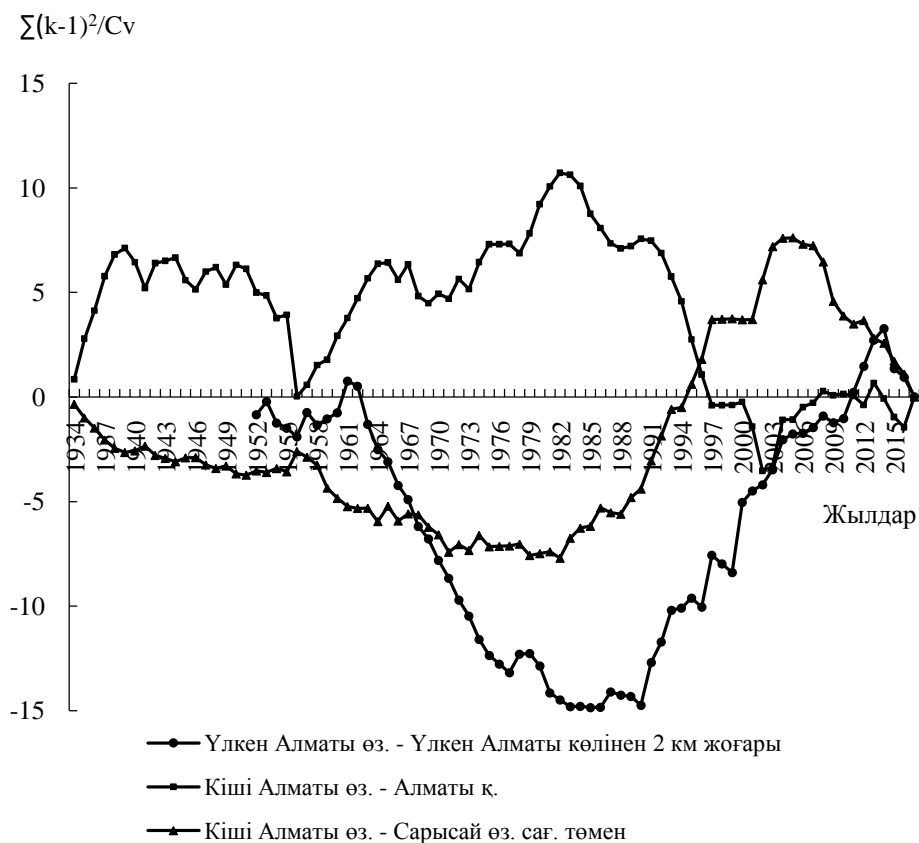


Аналитикалық қисық бақыланған мәндерге сәйкес келмеген кезде әртүрлі қамтамасыз етілген су өтімі эмпирикалық қисық бойынша анықталады. Көптеген жағдайларда минималды жазғы және қысқы айлық ағындыларды сипаттайтын таралу қисығының ең қолайлы типі ретінде Крицкий - Менкельдің таралу қисығын  $Cs = 2Cv$  келтіруге болады [4, 8, 9].



Сур. 2. Үлкен Алматы өз. – Үлкен Алматы көлінен 2 км жоғары гидробекеті (а) және Кіші Алматы өз. – Сарысай өз. сағасынан төмен гидробекеті (ә), Кіші Алматы өз. – Алматы қаласы гидробекеті (б) бойынша жазғы-күзгі су өтімдерінің қамтамасыздық қисықтары.

Ал гидрологиялық бақылау кезеңі шегінде [5, 6] минималды ағындының тербеліс циклі туралы көрнекі түсінік беретін айырымдық интегралдық қисықтар 3-суретте келтірілген.



Сур. 3. Үлкен Алматы өз. – Үлкен Алматы көлінен 2 км жоғары және Кіші Алматы өз. – Сарысай өз. сағасынан төмен, Кіші Алматы өз. – Алматы қаласы гидробекеттері бойынша минималды су өтімдері модульдік коэффициенттерінің айырымдық интеграл қисықтары.

2017 ж. қоса алғанда жаңа кадастрлық материалдарды пайдалана отырып, есептеулер нәтижесінде Үлкен Алматы өз. – Үлкен Алматы көлінен 2 км жоғары және Кіші Алматы өз. – Сарысай өз. сағасынан төмен гидробекеттері минималды орташа айлық жазғы-күзгі ағысының көпжылдық жүрісінің аумақтық келісілуі анықталды, негізгі өзендердің қамтамасыз етілген шамалары туралы мәліметтермен бірге минималды айлық жазғы-күзгі ағынның нақтыланған параметрлері (кесте 1) және жаңа деректер алынды.

## Гидробекеттер бойынша бақылау периодтары мен әртүрлі қамтамасыздық өтімдерінің минималды жазғы-күзгі су өтімдерінің параметрлері

Гидробекет	Бақылау периоды	Бақыланған жылдар саны	Q <sub>ор</sub> , м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	Әртүрлі қамтамасыздық өтімдері, %			
						75	80	95	97
Үлкен Алматы өз.– Үлкен Алматы көлінен 2 км жоғары	1952... 2017	66	0,47	0,24	0,75	0,40	0,37	0,32	0,26
Кіші Алматы өз. – Сарысай өз. сағасынан төмен	1934... 2017	84	0,49	0,26	0,40	0,39	0,36	0,30	0,25
Кіші Алматы өз. – Алматы қаласы	1934... 2017	84	0,74	0,36	0,2	0,58	0,52	0,27	0,18

Үлкен Алматы өз. – Үлкен Алматы көлінен 2 км жоғары және Кіші Алматы өз. – Сарысай өз. сағасынан төмен гидробекеттері бойынша жазғы-күзгі минималды орташа айлық су өтімдерінің көпжылдық орташа мәндері арасында ұқсас параметрлер анықталды.

Өзендердің минималды ағындысының алынған негігі сипаттамалары (ағынды қабаты, вариация коэффициенті, C<sub>v</sub>, C<sub>s</sub> қатынасы) жарияланған анықтамалардағы, монографиялар мен ғылыми мақалалардағы келтірілген мәндеріне сәкес.

Сонымен қатар, Кіші Алматы өз. – Алматы қ. және Сарысай өз. сағасынан төмен гидробекеттері бойынша минималды ағындының көпжылдық тербелістерінде асинхрондылық байқалады (сурет 3).

Кіші Алматы өзені үшін анықталған заңдылық жұмыстың мыңызды нәтижелеріне жатады, оның себебі өзеннің жоғарғы және төменгі аймақтарындағы минималды ағындысының қалыптасу факторларының айырмашылығымен байланысты. Мысалы үшін, беткі және жер асты ағындыларының қалыптасуына өзеннің жоғарғы және төменгі аймақтарында жер бедерінің еңістігінің айырмашылығы, әртүрлі климаттық шарттары, т.б. әсер етеді.

Мұндай заңдылықтарды минималды ағындыға кез-келген су шараларын іске асыруда ескеру қажет.

Жұмыстың нәтижелері бойынша келесі негізгі қорытынды жасалды: экономиканың барлық салаларының тұрақты дамуына, су пайдалану

деңгейінің артуы, сондай-ақ климаттың жаһандық өзгерістермен қатар қолайсыз климаттық үрдістерге байланысты су тұтынудың өсуі және су ресурстарының қысқаруы осы бассейндердегі экологиялық ағындының параметрлерінің өзгерісіне, ал ол өз кезегінде таулы аймақ үшін минималды ағындыға тұрақты, мұқият және егжей-тегжейлі мониторинг жүргізуді және есептеу әдістерін жетілдіруді талап ететінін көрсетті.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Амуся А.З., Ратнер Н.С., Соколов Б.А. Минимальный сток: состояние и перспективы исследования // Тр. ГГИ, 1991. – Вып. 355. – С. 3- 28.
2. Болдырев В.М. Исследование и расчет стока горных рек Казахстана. Автореферат дисс. на соиск. уч. степ. док. геогр. наук. – Алматы, 1990. – 31 с.
3. Голубцов В.В., Лаврентьев П.Ф., Соседов И.С., Проблемы гидрологии Казахстана // Тр. КазНИГМИ, 1983 – Вып. 80. – С. 3-19.
4. Горошков И.Ф. Гидрологические расчёты. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – С. 42-212.
5. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши 1981-1990 жж. Бассейн озера Балхаш и бессточных районов Центрального Казахстана. – Алматы, 2002. – Книга 2, выпуск 1, часть 1. – 284 с.
6. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши 1991-2000 жж. Бассейн озера Балхаш и бессточных районов Центрального Казахстана. – Алматы, 2004. – Книга 1, выпуск 1, часть 1. – 171 с.
7. Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление (концепция) // МОН РК КН, АО «Национальный Научно-Технологический холдинг «Парасат»», Институт Географии, Алматы, 2012.
8. Определение расчетных гидрологических характеристик СНИП О. 2.01. 14-83. – М.: Государственный комитет СССР по делам строительства, 1983. – 97 с.
9. Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.
10. Ресурсы поверхностных вод СССР. Центральный и южный Казахстан. Вып. 2. Бассейн оз. Балхаш. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – Т. 13. – 645 с.
11. Тепляков И.Н., Лаврентьев П.Ф., Абдилдин С.А., Водные ресурсы Казахстана и их использование – Алма-Ата: КазНИИТИ, 1978. – 78 с.

Поступила 13.05.2020

Канд. техн. наук  
Канд. геогр. наук

К.К. Дускаев  
А.Г. Чигринец  
А.З. Гаппаров  
С.Т. Ахметова

### **ХАРАКТЕРИСТИКА МИНИМАЛЬНОГО ЛЕТНЕ-ОСЕННЕГО СТОКА В БАСЕЙНАХ РЕК УЛЬКЕН И КИШИ АЛМАТЫ**

**Ключевые слова:** годовой сток, годовой минимальный сток, коэффициент вариации, коэффициент асимметрии, коэффициент корреляции, слой стока, кривая обеспеченности

*В статье представлены результаты расчета основных характеристик минимального стока рек бассейна Улькен и Кishi Алматы с использованием восстановленных величин и кадастровых материалов по 2017 год включительно.*

*По результатам исследования выявлена территориальная согласованность многолетнего хода минимального среднемесячного летне-осеннего стока рек Улькен и Кishi Алматы, получены уточненные и новые данные о его параметрах.*

K.K. Duskeyev, A.G. Chigrinets, A.Z. Gapparov, S.T. Akhmetova

### **CHARACTERISTICS OF MINIMAL SUMMER-AUTUMN RUNOFF IN THE BASINS OF THE RIVERS ULKEN AND KISHI ALMATY**

**Keywords:** annual runoff, annual minimum runoff, coefficient of variation, asymmetry coefficient, correlation coefficient, runoff layer, flow duration curve

*The article presents the results of calculating the main characteristics of the minimum flow of the Ulken and Kishi Almaty river basins taking into account restored values using cadastral materials for 2017, inclusive.*

*Based on the research results, the territorial consistency of the long-term minimum monthly average summer-autumn runoff of the Ulken and Kishi Almaty river basins was identified and updated, and new data on the parameters of the minimum monthly summer minimum runoff were obtained. autumn runoff with data on the given values of the main rivers.*

УДК 333.93:504.4:556:628.

Доктор техн. наук  
Канд. геогр. наукӘ.К. Зәуірбек<sup>1</sup>  
С.Р. Садвакасова<sup>1</sup>**УВЯЗКА РАСЧЕТНЫХ РАСПОЛАГАЕМЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ  
С СУММАРНЫМ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕМ В БАССЕЙНАХ РЕК**

*Ключевые слова* поверхностные воды, водохозяйственные районы, водопотребление, гидроэкокомплексы, обеспеченность, управление водными ресурсами, предельные значения водопотребления

*Дано обоснование возможных предельных объемов водозаборов из поверхностных водных источников по водохозяйственным районам Республики Казахстан на перспективные периоды. Анализ и возможные пути удовлетворения требований водопотребителей, гидрологических и экологических комплексов к режиму и к качеству поверхностных вод на базовый и перспективные расчетные периоды. Область их практического применения.*

В результате антропогенного воздействия на природные комплексы биосферы и возрастания уровня использования природных ресурсов появились локальные техногенные катастрофы в регионах Байконура и Семей. Общеизвестны негативные последствия от неразумного управления водными ресурсами, в частности экологическая катастрофа в бассейне Аральского моря и, в особенности, в зоне Приаралья.

В перспективе, при сохранении нынешнего темпа развития отраслей экономики, Республика Казахстан не в состоянии обеспечить потребности в воде отраслей экономики и сохранение экологической безопасности в бассейнах рек. В послании Первого Президента Казахстана [21] определена стратегическая задача по вхождению в число 30 высокоразвитых государств мира и по переходу страны на «зеленый» путь развития. Для этого, необходимо проанализировать такой показатель, как индекс человеческого развития потенциала (ИРЧП) государств, входящих в группу 30 высокоразвитых государств в мире, и установить какой индекс

---

<sup>1</sup> РГП на ПВХ "Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева", г. Нур-Султан, Казахстан

ИРЧП будет у Республики Казахстан при выполнении директивных показателей, принятых в стратегической задаче.

Дефицит воды может произойти в основном за счет возможного уменьшения стока из сопредельных государств, а также от ожидаемого экономического развития. Устаревшая инфраструктура и, связанные с этим огромные потери, дефицит качественной воды, слабый механизм тарифообразования, нехватка квалифицированных кадров, вопросы вододеления с сопредельными государствами – это наиболее острые проблемы текущего состояния водной отрасли [16]. Для решения вышеуказанных проблем, крайне необходима разработка государственной программы управления водными ресурсами Казахстана (ГПУВР РК) на 2020...2030 гг. Вместе с тем, одобренная программа ГПУВР РК, нуждается в коренном пересмотре системы взглядов на проблему и путей решения самой проблемы.

На основе изучения методов системного анализа, имеющихся принципиальных положений, а также опираясь на свои предыдущие научные исследования по рациональному использованию водно-ресурсного потенциала, в данное время разрабатываются собственные научно-методологические основы по увязке располагаемых водных ресурсов с потребностями отраслей экономики и с учетом требований природных комплексов по водохозяйственным районам Казахстана.

Суммарные водные ресурсы рек Казахстана состоят из двух составляющих [9]: водных ресурсов, поступающих по трансграничным рекам и водных ресурсов, формируемых на территории республики.

Анализ показывает, что суммарные водные ресурсы по мере развития отраслей экономики, как на территории сопредельных государств, так и в Республике Казахстан постепенно сокращаются. Если, в 1960 г. суммарные водные ресурсы были равны 115,3 км<sup>3</sup> [26] или 114,96 км<sup>3</sup> [9], то в 2010 г. составляли 100,5 км<sup>3</sup> [7,2], а по оценке Турсунова А.А. – 86,1 км<sup>3</sup> [27]. Достоверное установление их значений на перспективу практически невозможно, также очень сложно прогнозировать объемы речного стока, которые должны поступать на территорию республики из сопредельных территорий. Обобщение данных о водных ресурсах за ретроспективные и перспективные периоды приведены в работе [12].

О потребностях в воде водопотребителей имеются разноречивые данные. Данные за 1990 и 2000 гг. являются более достоверными [7]. С

уровнем развития общества объемы забора воды из водных источников возрастают. Можно констатировать, что до 1990 г. объемы водозабора интенсивно повышались, в период 1991...2000 гг. они снижались, а в последующие периоды, снова пошли на увеличение. На расчетные пресективные 2020 и 2040 годы общий объем водопотребления может соответственно составить 23,6 и 25,0 км<sup>3</sup> в год. Анализ за 1900..2011 гг. показывает, что в 2011 г. доля водопотребления на регулярное орошение составляла 50,7 %, промышленности – 24,2 %, коммунальное водопотребление – 4,3 % и потери в водохранилищах – 17,9 % от общего объема водопотребления в Республике Казахстан. За анализируемый период водопотребление в коммунальном секторе экономики возросло в 18,8 раз, в промышленности – в 53,2 раза. Обобщенные данные о водопотреблении за ретроспективные и перспективные периоды приведены в работе [12].

Выше были приведены данные, только по водопотреблению отраслей экономики. При этом, в расчеты надо включать обязательные затраты стока. Обязательные попуски в концевые участки рек (экологические, рыбохозяйственные и др.) по данным [25] составляют 58,1 км<sup>3</sup>. Имеются и другие предложения из разных источников информации: 48,1 или 69,6 км<sup>3</sup> [7, 3].

Суммарное водопотребление определяется, как сумма объемов забора воды и обязательных затрат воды в разрезе водохозяйственных районов. Можно сказать, что суммарное водопотребление с 61,54 км<sup>3</sup>/год в 1960 г. возросло до 90,895 км<sup>3</sup>/год в 1990 г. и в последующие годы несколько снизилось, и к 2011 г. оно составило 76,63 км<sup>3</sup>/год. Наибольшие значения объемов суммарного водопотребления в 2011 г. от всего объема водопотребления по Республике Казахстан характерны для следующих водохозяйственных районов: Жайык-Каспийского – 14,5 %, Арало-Сырдарьинского – 18,3 %, Балхаш-Алакольского – 27,5 %, Ертисского – 29,4 %. Остальным четырем водохозяйственным районам (Шу-Таласский, Нура-Сарысуский, Тобол-Тургайский и Есильский) приходится всего 7,91 км<sup>3</sup>/год (10,3 %) [12, 6, 10].

Численность населения Республики Казахстан на 1950 г. составляла 6,703 млн. чел., на начало 1991 г. – 16,4 млн. человек, а к началу 2000 г. снизилась до 14,9 млн. чел., в 2012 г. составляла 16,9 млн. чел. [11], прогнозные значения на 2030 г. – 20,314 млн. человек [8]. Анализ показывает, что реальное значение удельной



водообеспеченности (тыс. м<sup>3</sup>/год на человека в расчете на местный сток) в среднем по Казахстану с 8,43 в 1950 г. снизилось до 3,31 в 2012 г. и на перспективу будет еще ниже и составит 2,78 к 2030 г. Реальное значение удельной водообеспеченности (тыс.м<sup>3</sup>/год на человека в расчете на суммарный сток) в среднем по Казахстану снизилось с 17,68 (1950 г.) до 5,95 (2012 г.) и на перспективу составит еще ниже 4,27 (2030 г.). Однако, эти анализируемые показатели в разрезе отдельных водохозяйственных районов на расчетный 2030 г. будут значительно ниже, чем на 2012 г., примерно в 1,2 раза. Среднее значение по РК за анализируемый период ориентировочно снизится на 20 %. Такая же ситуация будет и с суммарными водными ресурсами. Снижение удельной водообеспеченности по водохозяйственным районам на 2030 г. будет в пределах 40 %. Прогнозные значения получены в соответствии со снижением средних значений удельной водообеспеченности по Республике Казахстан.

Отсюда вытекает, что необходимо удовлетворять возрастающие требования отраслей экономики в условиях сохранения тенденции уменьшения суммарных водных ресурсов РК, которые происходят вследствие уменьшения притоков воды по трансграничным рекам. Поэтому, на перспективу необходимо принимать неординарные и кардинальные мероприятия по рациональному использованию и охране водных ресурсов, как в разрезе водохозяйственных районов, так и в целом по Республике Казахстан [12, 10].

Удовлетворение требований отраслей экономики показывает, что расчеты надо вести не на средний по водности год, и не на маловодный или же на катастрофически маловодный год, а на расчетную обеспеченность удовлетворения потребности в воде водопотребителей в рассматриваемом бассейне реки, или же на рассматриваемой территории. Водохозяйственная практика показывает, что уровень удовлетворения потребности в воде водопотребителей обычно близок к 90 % обеспеченности стока. То есть, по водности он находится между маловодным и катастрофически маловодными годами или даже ближе к катастрофически маловодному году.

Расчетные значения объемов, располагаемых водных ресурсов на 2000 г., приведены в работе [10], а на 2030 г. в табл. 1.

Анализ табл. 1 показывает, что если располагаемый сток в среднемноголетнем исчислении в 2000 г. составлял 46,14, то к 2030 г. он может быть равен 29,7 км<sup>3</sup>/год.

Таблица 1

Располагаемые поверхностные водные ресурсы (по среднемноголетним значениям стока) Республики Казахстан по ВХБ, км<sup>3</sup>/год

Водохозяйственные бассейны	Среднего- летний сток	Потери на испа- рение и фильтра- цию	Попуски и плюс нерегулируемый сток паводков [25]	Итого заграды	Располагаемый сток
Арало-Сырдарьинский	10,22	3,1	3,1	6,2	4,98
Балхаш-Алакольский	24,90	1,6	16,4	18,0	6,9
Ертисский	31,30	5,2	13,9	19,1	12,2
Есильский	2,60	0,6	0,73	1,33	1,27
Нура-Сарыусуский	1,30	0,5	0,2	0,7	0,6
Тобол-Тургайский	1,90	0,2	1,21	1,41	0,49
Жайык-Каспийский	10,50	2,4	6,87	9,27	1,23
Шу-Таласский	3,20	0,12	0,13	0,25	2,95
Всего по республике	85,92	13,72	42,54	56,26	29,66

В работе [5] расчеты произведены по выделенным 86 водохозяйственным участкам. Отмечают, что в пределах одного водохозяйственного бассейна были 5...12 и более водохозяйственных участков. По всем водохозяйственным районам (они не приведены) и участкам дана оценка ресурсов поверхностных и подземных вод, установлены водопотребители, определены объемы водопотребления и водоотведения по отраслям экономики при нынешнем состоянии и на перспективу. К особенностям расчета относится то, что объемы водозаборов отраслями экономики на перспективные расчетные периоды относительно 2015 г. возрастают на 4 % (2020 г.), 9,6 % (2030г.), 15,2 % (2040 г.). В соответствии с этим возникает необходимость внедрения новых инновационных технологий и проведения политики водосбережения. Располагаемые водные ресурсы Республики Казахстан на перспективу составляют [5]:

1) в маловодные годы на уровне 2030 г. – 10 км<sup>3</sup>, на уровне 2040 г. – 9,9 км<sup>3</sup>;

2) в средние по водности года на уровне 2030 г. – 20,4 км<sup>3</sup>, на уровне 2040 г. – 23,1 км<sup>3</sup>.

Если сопоставить, располагаемые водные ресурсы на 2030 г. в маловодном году ( $P = 75 \%$ ) равной 10 км<sup>3</sup> с объемами водозабора равной 22,1 км<sup>3</sup>, то можно увидеть, что дефицит стока составит 12,1 км<sup>3</sup> в год. Отсюда вытекает, что необходимо проводить кардинальные мероприятия по водообеспечению. Необходимость использования водосберегающих и инновационных технологий в отраслях экономики можно проследить на примере Иле-Балкашского ВХР( табл. 2).

При удовлетворении потребности в воде приоритетных водопотребителей и сохранения экологических требований озера Балкаш, на развитие отрасли орошения при малой водности выделялись бы всего 0,44, а в катастрофически маловодный – 0 км<sup>3</sup> воды в год. А в перспективный период при тех же условиях, для орошения можно выделять только в многоводный и средний по водности года и то в пределах 0,4...0,5 км<sup>3</sup> воды в год.

Главная задача нашего общества, это полное удовлетворение материальных и духовных потребностей человека [17]. Поэтому, предлагаемая программа исследований по данной теме служит решению общей задачи Республики Казахстан: достижение баланса экономических, социальных, экологических и политических аспектов развития Республики Казахстан, как основы повышения качества жизни и обеспечения конкурентоспособности страны в долгосрочной перспективе.

На современном уровне ключевыми проблемами в Республике Казахстан являются: обеспечение на перспективу устойчивого развития отраслей экономики с целью полного удовлетворения материальных и духовных потребностей каждого гражданина Республики Казахстан при сохранении экологического равновесия в окружающей среде [1].

Проблемы планирования использования водных ресурсов в первую очередь зависят от стратегии развития отраслей экономики, которая обоснована в «Стратегия развития Казахстан-2020» [20] и «Казахстан-2030» [20]. Они, в свою очередь, руководствуются основополагающими документами, такими, как Стратегия «Казахстан-2050» [21] и Концепция развития 2007...2024 гг. [18]. Они также проверяют соответствие результатов оптимизационных расчетов и параметров водохозяйственных

и водоохранных мероприятий требованиям нормативных документов международного сообщества, таких как: Декларация Рио-де-Жанейро (1992) [24], Европейская директива (2000) [19], СУР ГГИ-2008 [4], Парижское соглашение (2015) [23].

Таблица 2

Возможные объемы воды для развития отраслей экономики и орошения в бассейне р. Иле в разные перспективные периоды и при различной водности, км<sup>3</sup>

Составляющие водохозяйственного баланса	Водность реки, %				Примечание	
	P=25	P=50	P=75	P=95		
До 2000 г.						
<b>РК. Приходная часть</b>						
Водные ресурсы	20,29*	18,17	15,42	12,45	*экспертно	
Водозабор на территории КНР	3,50	3,50	3,50	3,50		
Приток на территорию РК	16,79	14,67	11,92	8,95		
<b>РК. Расходная часть</b>						
Приоритетные водопотребители (КБВ, ПВ и СХВ)	0,54	0,54	0,54	0,54		
Потери воды из водохранилищ	2,30*	2,30	2,10	2,00		
Потери воды в дельте	0,35	0,35	0,35	0,35		
Экологические попуски в оз. Балкаш	11,00	9,00	8,50	8,00		
Итого расход	14,19	12,19	11,49	10,89		
Возможные объемы воды для орошения	2,60	2,48	0,44	0,00		
Перспективный период 2030 г. ( без учета результатов вододеления)						
<b>РК. Приходная часть</b>						
Водные ресурсы	20,29*	18,17	15,42	12,45	*экспертно	
Водозабор на территории КНР	5,00	5,00	5,00	5,00		
Приток на территорию РК	15,29	13,17	10,42	7,45		
<b>РК. Расходная часть</b>						
Приоритетные водопотребители (КБВ, ПВ және СХВ)	1,10	1,10	1,10	1,10		
Итого расход	14,75	12,75	12,05	11,35		
Возможные объемы воды для орошения	0,54	0,42	0,00	0,00		

Наиболее важные показатели в методологии обоснования, это социальная, экологическая и экономическая эффективность

природоохранных мероприятий. К первому показателю относятся критерий по оценке загрязнения окружающей среды, который определяется на основе анализа критериев оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха, водных ресурсов и почвенного покрова. При этом оценка состояния загрязнения окружающей среды устанавливается при помощи интегрального критерия [13]. Так, чем выше уровень влияния человека на состояние окружающей среды, тем выше ответная реакция природы – эффект бумеранга, то есть, тем выше экологическая опасность. Для предотвращения экологической опасности необходимо предпринять определенные меры, которые принято называть природоохранными мероприятиями. В результате осуществления этих мер возникают новые взаимоотношения между обществом и природой. Ликвидация или сведение к минимуму негативных воздействий человека на окружающую среду определяют создание благоприятных условий для систем экосферы, тем самым обеспечивается экологическая безопасность. Вторым важным показателем является критерий социально-эколого-экономической эффективности, который раскрыт в источнике [13].

Однако, к перечисленным проблемам в среднесрочный и в особенности в долгосрочный период добавляются и глобальная проблема потепления [15] или же похолодания климата [28]. Как отмечено, до сегодняшнего дня много внимания уделялось изменению температурного режима и подъему уровня воды мирового океана. Согласно прогнозам МГЭИК [15] относительно небольшое изменение температуры воздуха, всего на несколько градусов, приведет к увеличению стока рек и водообеспеченности на 10...40 % в одних регионах, в то время как в других они уменьшатся на 10...30 %.

В соответствии с рекомендациями принятых в Республике Казахстан, разрабатывают водохозяйственные и водоохранные мероприятия на перспективные периоды. На сегодня, наиболее приемлемыми являются рекомендации разработанные в Государственном гидрологическом институте (Россия): Сценарий устойчивого развития Государственного гидрологического института (СУР ГГИ, в последующем Сценарий) [4]. Этот Сценарий разработан на основе анализа водных ресурсов, водопотребления и уровня водопотребления по континентам и регионам всего мира. Данная разработка является оригинальной и рекомендована для применения во

всех регионах и странах мира. Эту стратегию можно принять за основу и для Республики Казахстан.

В основе методологии лежит удовлетворение требований к режиму и качеству воды водопотребителей и обеспечение экологической устойчивости в бассейнах рек на основе внедрения инновационных и водосберегающих технологий, позволяющих уменьшить уровень водопотребления на 10 % и улучшить экологическое состояние природных комплексов на 10 % к 2030 г. по сравнению с базовым 2017 г.

Исходные базовые предпосылки, принимаются следующими:

- Назначаются лимитированные объемы и режимы водопотребления отраслей экономики в разрезе водохозяйственных районов (участков и бассейнов рек) на уровне расчетного 2017 г. Они, в свою очередь, сокращаются в соответствии с намеченными показателями к рассматриваемым расчетным уровням.

- Назначаются лимитированные уровни концентрации загрязняющих веществ в водоотводящих трактах и объемы сброса сточных вод в водные или в другие понижения участков местности на уровне расчетного 2017 г. Состояние окружающей среды должно улучшаться в соответствии с намеченными показателями к рассматриваемым расчетным уровням.

- Увеличение объемов водопользования допускается для отдельных отраслей экономики и целей: поддержание пластового давления; прудовое рыбное хозяйство; рекреация для развития гелио- и ветроэнергетических установок; обводнение пастбищ и СХВ (на базе подземных вод); лиманное орошение (на базе временных водотоков), залив сенокосов и попуски в Ертискую пойму, подача в Коргалжынские озера.

- Развитие отраслей экономики осуществляются за счет объемов экономии водных ресурсов, лимитированных для них на уровне 2017 г. в разрезе каждого водохозяйственного района (участка и бассейна реки).

- Органы бассейновых инспекций должны контролировать ход выполнения установленных показателей (нормативов) экономии воды в отраслях экономики по использованию водных ресурсов и улучшения качества воды, проблему выдачи разрешений на спецводопользование в зонах своей деятельности.

- Подземные водные ресурсы являются стратегическим ресурсом, использование его запасов осуществляются только для питьевого и СХВ, а

также для обводнения пастбищ. Использование их для других целей, требует строгого и детального обоснования.

- Запрещается использование водных ресурсов рек (малых водотоков), сток которых в среднемноголетнем исчислении не превышает  $0,15 \text{ м}^3/\text{с}$ .

- Плата за воду, как за природный ресурс, а также технико-экономическое обоснование эффективности водохозяйственных и водоохраных мероприятий должно осуществляться с учетом социальных, экологических и экономических условий в зонах их влияния и отражения с учетом, как положительных, так и отрицательных последствий.

В перспективе, при сохранении нынешнего темпа развития отраслей экономики, РК не в состоянии обеспечить потребности в воде отраслей экономики и сохранения экологической безопасности в бассейнах рек. Одним из главных факторов является нарушение природного баланса между имеющимися водными ресурсами и потребностями в них. Дефицит воды в водном бассейне, ухудшающий ее качество, отрицательно влияет на качество сельскохозяйственной продукции и на состояние здоровья населения. Нехватка воды и загрязнение водных ресурсов влияют на продуктивность биологических ресурсов. С одной стороны, количество речной воды постоянно сокращается, а с другой – возрастает уровень аккумуляции загрязняющих веществ в поймах рек.

В противовес, в многоводные годы задачи водного хозяйства принимают другие обороты: все действия водохозяйственных организаций направлены на организацию и пропуск максимального стока. В то же время, поступление воды на территорию Казахстана по трансграничным рекам может резко повышаться из-за несогласованности действий по управлению водными ресурсами в сопредельных государствах.

Если учесть, что среднемноголетний сток в 2010 г. был  $100,5 \text{ км}^3$ , а на перспективу предполагается в 2030 г. –  $85,9 \text{ км}^3$  и 2050 г. –  $75,0 \text{ км}^3$ . Из того положения, что сток рек меняется в разрезе многолетнего периода, то расчетные значения стока рек на 2010 г. при средней водности –  $90,4 \text{ км}^3$ , в маловодный год –  $78,4 \text{ км}^3$  и катастрофический маловодный год составлял  $56,3 \text{ км}^3$ . Эти же показатели соответственно в 2030 г. могут оказаться:  $77,3$ ,  $67,0$  и  $48,1 \text{ км}^3$ ; а к 2050 г. соответственно будут равны:  $67,5$ ,  $58,5$  и  $42,0 \text{ км}^3$  (табл. 3).

Таблица 3

Суммарные и формируемые на территории, а также водные ресурсы различной обеспеченности Казахстана (без учета глобальных климатических изменений), км<sup>3</sup>

Расчетные периоды	Суммарный и расчетный сток	Из них	
		РК	поступает извне
В средний по водности год (50 %)			
1960	103,5	54,4	49,1
2010	90,4	50,8	39,6
2030	77,3	50,8	26,5
2050	67,5	50,8	16,7
В год малой водности (75 %)			
1960	89,7	47,1	42,6
2010	78,4	44,1	34,3
2030	67,0	44,1	22,9
2050	58,5	44,1	14,4
В год катастрофически малой водности (95 %)			
1960	64,4	33,8	30,6
2010	56,3	31,6	24,7
2030	48,1	31,6	16,5
2050	42,0	31,6	10,4

**Возможные инновационные технологии и водосбережения в отраслях экономики.** Одной из главных предпосылок обеспечения устойчивого развития отраслей экономики, является процедура налаживания и выдача разрешений на спецводопользование. Субсидии надо выделять тем подразделениям, которые выполняют следующие условия: улучшение эколого-мелиоративного состояния орошаемого массива, повышение плодородия почвы и повышение отдачи от использования воды.

Пути экономии водных ресурсов в отраслях экономики подробно исследованы в научно-исследовательских учреждениях водного хозяйства и экологии и освещены в литературных источниках, в частности в работах [22, 14]. В дополнение к ним:

в коммунально-бытовом водоснабжении (КБВ):

1. Разделение нормы водопотребления на хозяйственно-питьевое водоснабжение, на потребность в воде для ванн, душевых и санузлов. На первых порах, хотя бы, на две составляющие.

2. Водопотребители должны перейти к учету воды, через установку счетчиков во всех точках водовыдела и водоотведения.

3. Внедрение механизации, автоматизации и телемеханизации в процессах управления водораспределением в городской сети и в том числе в процессах водоподготовки.



В промышленном водоснабжении надо развивать технологию производства работ и технологию использования воды. Принимаются 2 и 3 пункты, как в КБВ.

Пути экономии воды в отраслях сельхозводоснабжения, обводнения пастбищ, рекреации и рыбного хозяйства описаны в литературных источниках. В отрасли лиманного орошения, такие же мероприятия, как и в отрасли орошения.

В орошении. Водосберегающие технологии:

1. повышение КПД оросительных систем (ОС);
2. применение интенсивных технологий орошения (закрытый грунт), в том числе капельного орошения и инъекционного полива;
3. улучшение эколого-мелиоративного состояния ОС;
4. внедрение новых способов и техники полива, выведение новых засухоустойчивых и непотребляющих влагу сельскохозяйственных культур;
5. уменьшение расходов воды на единицу продукции;
6. очистка и использование коллекторно-дренажных вод;
7. перевод водоемких сельскохозяйственных культур на не водоемкие;
8. пересмотр специализации хозяйств в отрасли орошения и др.

Деление водных ресурсов трансграничных рек и проблемы определения платы за воду, требуют своего усовершенствования. Взгляд на проблему переброски стока из соседних, богатых водными ресурсами стран рассмотрены в работе [9]. Анализ показывает, что дефицит водных ресурсов в основном наблюдается в маловодные периоды. Для стимулирования прекращения поверхностного стока более целесообразно использовать естественные природные процессы: лесомелиорация водосборов и водных угодий, охрана верховых болот, агротехнические и гидротехнические мероприятия.

Для придания природным комплексам особого статуса, для учета их требований к количеству и качеству воды, необходимо ввести в статистическую отчетность специальный показатель – уровень удовлетворения требований природных комплексов к режиму и к качеству воды. При этом эти показатели должны контролироваться ниже всех створов водопользования в бассейне реки.

Контрольные предельные показатели использования поверхностных вод по водохозяйственным районам РК на

перспективные расчетные периоды. Согласно, принятой методологии, к 2030 г. водопотребление будет сокращено на 10 % и к 2040 г. на 20 % (табл. 4).

Анализ показывает, что объем водозабора по Республике Казахстан в 2030 г. будет на 10 % ниже, и составит 19,76, относительно объема водозабора на 2017 г. равному 20,19 км<sup>3</sup> воды в год.

Таблица 4

Сводные показатели водозабора отраслями экономики к 2030 и 2040 гг., выполненные на базе данных [5], км<sup>3</sup>

Показатели	Объемы водозабора по годам				
	1990 г.	2012 г.	фактический за 2015 г. (приняты как за 2017 г.	2030 г. (сокращение на 10 % по сравнению с 2017 г.)	2040 г. (сокращение на 20 % по сравнению с 2017 г.)
Всего водозабор воды	35,6	17,5	20,2	19,8	18,4
Коммунальное хозяйство	1,42	0,84	0,87	0,78	0,69
Промышленность	7,11	4,23	4,48	4,03	3,58
Сельское хозяйство	26,6	12,2	14,6	14,6	13,8
в том числе:					
регулярное орошение	21,5	11,2	12,1	10,9	9,80
лиманное орошение	1,92	0,15	0,41	1,08	1,34
залив сенокосов	2,07	0,55	0,78	1,06	1,06
попуски в Ертискую пойму и подача в Коргалжынские оз.	0,00	0,00	0,84	0,88	0,88
сельхоз-водоснабжение	0,50	0,27	0,36	0,54	0,67
обводнение пастбищ	0,61	0,10	0,13	0,14	0,15
Поддержание пластового давления	0,00	0,039	0,041	0,049	0,054
Рыбное хозяйство	0,42	0,094	0,118	0,213	0,242
Рекреационная сфера и пр. нужды	0,006	0,003	0,038	0,064	0,069

Согласно анализу проделанной работы, были сделаны следующие выводы, что к 2030 г. водопотребление будет сокращено на 10 % и к 2040 г. – на 20 %. Общий водозабор воды по Казахстану в км<sup>3</sup>: в базовом 2017 г. был 20,2; предполагается на 2030 г. – 19,8 и на 2040 г. – 18,4. Тогда, при располагаемых водных ресурсах при расчетной водности

(90 %) на 2030 и 2040 гг. – 8 км<sup>3</sup>. Тогда, дефицит стока составит в 2030 г. – 11,8 км<sup>3</sup> в год, в 2040 г. – 10,4 км<sup>3</sup> в год. В перспективе при решении водохозяйственных задач необходимо учесть глобальные изменения климата и их влияния на количество и качество водных ресурсов, на возможные специализации в отраслях экономики и изменение норм водопотребления и водоотведения, усовершенствовать научно-методологические основы обоснования социально-эколого-экономической эффективности использования и охраны водных ресурсов на современный и перспективные периоды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водный кодекс Республики Казахстан от 9 июня 2003 г. № 481-III (с изменениями и дополнениями по состоянию на 28.04.2016 г.) [Электр. ресурс]. – 2016. – URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=1042116](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=1042116).
2. Водные ресурсы Казахстана в новом тысячелетии (обзор). – Алматы: Киик, 2004. – 132 с.
3. Водные ресурсы Казахстана и их использование / Тепляков И.Н., Лаврентьев П.Ф., Абдильдин С.А. – Алма-Ата: КазНИИНТИ, 1978. – 78 с.
4. Водные ресурсы России и их использование / Под ред. И.А. Шикломанова. – СПб.: ГГИ, 2008. – 600 с.
5. Генеральная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов. Утверждена постановлением Правительства Республики Казахстан от 8 апреля 2016 года, №200.
6. Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. 2011 год. Ежегодное издание. Справочное издание. – Астана: БЦ «АсылТау», 2012. – 90 с.
7. Дмитриев Л.Н. Состояние Национальных водных ресурсов и основные проблемы современного управления // Реализация принципов интегрированного управления водными ресурсами в странах Центральной Азии и Кавказа. Обзорный доклад. – Ташкент, 2004. – С. 64-75.
8. Заурбек А.К., Заурбеков М.А. Сосуществование общества и природы в условиях непрерывного роста уровня использования природных ресурсов // Вестник КРСУ.– 2014. – Т.14. – № 7.– С.41-45.
9. Заурбеков А.К. Водные ресурсы, водопотребление и экологическое состояние по водохозяйственным районам Казахстана // Environmental Impact Assessment Group. – 1995. – Mesa, Arizona USA . – 3 с.

10. Зәуірбек Ә.К. Дефицит водных ресурсов в Республике Казахстан. Есть ли выход? // Вопросы географии и геэкологии. – 2019. – №3. – С. 78-92.
11. Зәуірбек Ә.К. Научно-методологические основы и оценка экологической обстановки определенной территории // Водное хозяйство Казахстана. – 2014. – 1(57). – С. 3-13.
12. Зәуірбек Ә.К. Дефицит водных ресурсов и пути их решения в Казахстане // Современные направления развития водоснабжения и водоотведения: Матер. Междунар. научно-практ конф. посвященной 75-летию со дня рождения академика, д.т.н. Менлибая Мырзахметова, Алматы: КазНИТУ им. К.И.Сатпаева. – 2016. – С.28-31.
13. Зәуірбек Ә.К., Заурбекова Ж.А. К разработке стратегии адаптивных водохозяйственных мероприятий в связи с изменением климата // Водное хозяйство Казахстана – 2012. – 12(50). – С. 42-53.
14. Зәуірбек Ә.К. Вода и устойчивость гидроэкосистем. Учебное пособие. – Алматы, 2009. – 579 с.
15. Изменения климата – 2007: Воздействия изменения климата, адаптация и уязвимость. Доклад Рабочей группы 2 МГЭИК. 2007 г.
16. Как в Казахстане планируют бороться с грядущим дефицитом воды [Электр. ресурс]. – 2020. – URL: [https://www.inform.kz/ru/kak-v-kazahstane-planiruyut-borot-sya-s-gryaduschim-deficitom-vody\\_a3608384?utm\\_source=yxnews&utm\\_medium=desktop&utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.kz%2Fnews](https://www.inform.kz/ru/kak-v-kazahstane-planiruyut-borot-sya-s-gryaduschim-deficitom-vody_a3608384?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop&utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.kz%2Fnews)
17. Конституция Республики Казахстан (принята на республиканском референдуме 30.VIII 1995 г.) (с изменениями и дополнениями по состоянию на 23.03.2019 г.). [Электр.ресурс]. – 2019. – URL: [online.zakon.kz](http://online.zakon.kz).
18. Концепция перехода Республики Казахстан к устойчивому развитию на 2007-2024 гг. – Астана, 2007. – 69 с.
19. Кромер Р. Европейская директива по водному хозяйству // Гидротехническое строительство. – 2002. – № 12. – С. 44-46.
20. Нурсултан Назарбаев. Долгосрочная стратегия развития Казахстана «Казахстан-2030». Процветание, безопасность и улучшение благосостояния всех казахстанцев //Послание Президента страны народу Казахстана. [Электр.ресурс]. – 1998. – URL:<http://adilet.zan.kz/rus/docs>.
21. Послание Президента Республики Казахстан – Лидера нации Нурсултана Назарбаева народу Казахстана «Стратегия «Казахстан-

- 2050» - новый политический курс состоявшегося государства» [Электр. ресурс]. –2012 –// URL: [https://www.akorda.kz/ru/events/astana\\_kazakhstan/participation\\_in\\_events/poslanie-prezidenta-respubliki-kazakhstan-lidera-nacii-nursultana-nazarbaeva-narodu-kazahstana-strategiya-kazakhstan-2050-novy-i-politicheskii-](https://www.akorda.kz/ru/events/astana_kazakhstan/participation_in_events/poslanie-prezidenta-respubliki-kazakhstan-lidera-nacii-nursultana-nazarbaeva-narodu-kazahstana-strategiya-kazakhstan-2050-novy-i-politicheskii-).
22. Пособие по составлению раздела проекта (рабочего проекта) «Охрана окружающей природной среды» (СНиП 1.02.01.-85). – М.: ЦНИИ Проект, 1988. – 187 с.
  23. Рамочная конвенция об изменении климата. Конференция Сторон. Двадцать первая сессия. Париж, 30.XI-11.XII 2015г. Принятие Парижского соглашения. Предложение Председателя. Проект решения. – 42 с.
  24. Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развитию // Конференция ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро 3-14 июня 1992 г. – ООН, 1992. – 9 с.
  25. Смоляр В.А., Буров Б.В. Водные ресурсы Казахстана (поверхностные и подземные воды, современное состояние). Справочник. – Алматы: НИЦ «Ғылым», 2002. – 596 с.
  26. Справочник гидротехника / Под ред. В.И.Алексеева и Э.В. Гершунова. – Алма-Ата: Кайнар, 1972. – 247 с.
  27. Турсунов А.А. От Арала до Лобнора (Гидроэкология бессточных бассейнов Центральной Азии). – Алматы: ТОО «Верена», 2002. – 340 с.
  28. Турсунов А.А. Аральская катастрофа и климатические тенденции в Центральной Азии // Водные проблемы аридных территорий //Тр. института водных проблем АН РУЗ. – Ташкент, 1995. – С. 28-48.

Поступила 14.05.2020

Техник. ғылымд. докторы   Ә.К. Зәуірбек  
Географ. ғылымд. канд.   С.Р. Садвакасова

#### **ЕСЕПТІК ҚОЛ ЖЕТІМДІ СУ РЕСУРСТАРЫН ӨЗЕНДЕР АЛАБЫНДАҒЫ ЖАЛПЫ СУТҰТЫНУМЕН БАЙЛАНЫСТЫРУ**

*Түйін сөздер:* жер үсті сулары, су шаруашылығы аудандары, суды тұтыну, гидроэкоқешендер, су ресурстарын қамтамасыз ету, басқару, суды тұтынудың шекті мәні

*Қазақстан Республикасының су шаруашылығы аудандарында жерасты су көздерінен болашақтағы кезеңге су алудың мүмкін болатын максималды көлемінің негіздемесі келтірілген. Суды тұтынушылардың, гидрологиялық және*

экологиялық кешендердің режимге және жер үсті суларының сапасына базалық және болашақ есептеу кезеңдеріндегі қажеттіліктерін талдау және мүмкін болатын жолдары. Оларды практикалық қолдану аясы.

A.K. Zauirbek, S.R. Sadvakasova

## **LINKING THE CALCULATED DISPOSABLE WATER RESOURCES WITH TOTAL WATER CONSUMPTION IN THE RIVER BASINS**

**Keywords:** surface water, water management areas, water consumption, hydroelectric complexes, security, water resources management, water consumption limits

*The rationale for the possible maximum volumes of water withdrawals from surface water sources in the water management regions of the Republic of Kazakhstan for perspective periods is given. Analysis and possible ways to meet the requirements of water consumers, hydrological and environmental complexes to the regime and to the quality of surface water for the base and future calculation periods. The scope of their practical application.*

УДК 551.465.755:519.688

Канд. геогр. наук

Н.И. Ивкина<sup>1</sup>

PhD, профессор

А.Ф. Елтай<sup>2,1</sup>Бьорн Клове<sup>3</sup>М.Т. Садуокасова<sup>2,1</sup>И.В. Шенбергер<sup>4</sup>Г.М. Шишкина<sup>1</sup>

### КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА НЕФТЯНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ КАЗАХСТАНСКОГО СЕКТОРА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

**Ключевые слова:** уровень, Каспийское море, загрязнения, нефтепродукты, фенолы

*В статье рассмотрены вопросы, связанные с периодическими и непериодическими колебаниями уровня Каспийского моря и их влиянием на уровень загрязнения углеводородами морской воды. Приведена статистика сгонно-нагонных явлений в казахстанском секторе за последние 5 лет. Отмечено, что колебания уровня Каспийского моря в первую очередь влияют на гидрологические, морфометрические и гидрохимические характеристики мелководной северо-восточной части, примыкающей к берегам Казахстана. Исследование параметров загрязнения проводилось статистическими методами за последние 10 лет для районов активной антропогенной нагрузки, впадения реки Жайык (Урал) и для районов открытой акватории моря. Выявлены зависимости между содержанием нефтепродуктов и фенолов в воде и уровнем моря, а также положительный тренд концентрации данных элементов в мелководных районах казахстанского сектора Каспийского моря.*

Как известно, уровень Каспийского моря, как замкнутого водоема, в отличие от колебаний уровня в морях, подвержен значительным много-

<sup>1</sup> РГП «Казгидромет», г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup> КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

<sup>3</sup> Университет Оулу, г. Оулу, Финляндия

<sup>4</sup> ТОО «Казахстанское Агентство Прикладной Экологии», г. Алматы, Казахстан

летним, межгодовым и сезонным колебаниям (рис. 1). Данные колебания уровня относятся к типу объемных колебаний. Аномальные колебания уровня Каспийского моря в первую очередь влияют на гидрологические, морфометрические и гидрохимические характеристики мелководной северо-восточной части, примыкающей к берегам Казахстана, где даже небольшие колебания уровня приводят к затоплению или осушению обширных территорий.

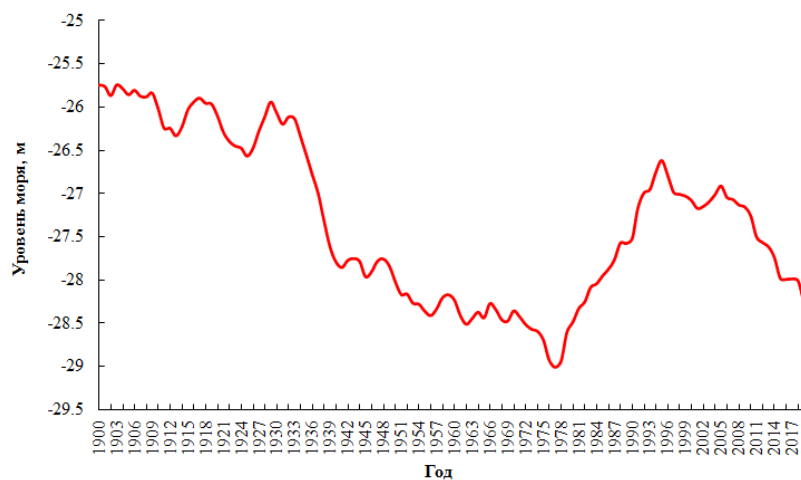


Рис. 1. *Ход фонового уровня Каспийского моря за период с 1900 по 2018 гг.*

С начала проведения инструментальных наблюдений уровень Каспийского моря колебался в среднем около отметки минус 25,8 м. В прошлом столетии уровень Каспийского моря почти до конца 70-х годов, в основном, понижался. Общее непрерывное понижение уровня, наблюдавшееся в 1930...1977 гг., составило 3,2 м со средней интенсивностью падения около 4 см в год. В 1977 г. уровень моря достиг самой низкой отметки за период наблюдений - минус 29,01 м. Падение уровня было связано с тем, что с середины 30-х годов на реках Каспийского бассейна началось интенсивное водохозяйственное строительство, влияние которого стало наиболее ощутимо в 50-е годы. К началу 70-х годов практически все крупные реки бассейна были зарегулированы. В результате этого уменьшился объем речного стока, и изменилось его внутригодовое распределение. В результате этого площадь водной поверхности моря сократилась. Высохли и превратились в соры мелководные заливы Кайдак и Комсомолец. Понижение уровня вызвало большие осложнения в работе портов Каспийского побережья и резко ухудшило условия судоходства, особенно в Северном

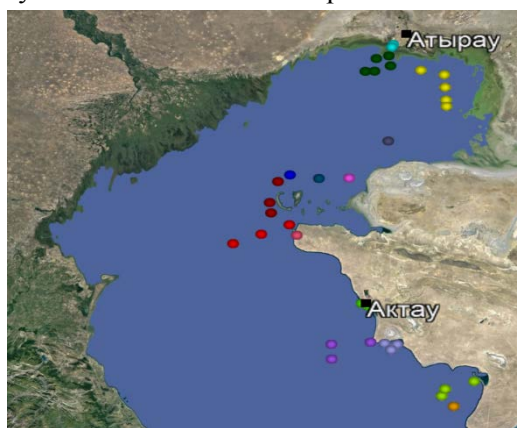


Каспии. Произошло переформирование берегов и опустынивание части территории, что вызвало снижение уровня грунтовых вод. Увеличилась соленость вод Северного Каспия, которая повлияла на состояние кормовой базы полупроходных и осетровых рыб, что привело к снижению биомассы большинства донных организмов. Основными факторами, обуславливающими это понижение, явились изменения климата и хозяйственная деятельность человека в бассейне р. Волги [1, 4...9].

С 1978 г. началось современное интенсивное повышение уровня Каспийского моря, которое продолжалось в течение 18 лет. За это время уровень моря повысился на 2,5 м и к 1995 г. достиг отметки минус 26,62 м. Средняя интенсивность подъема уровня за этот период составила около 14 см в год, а в отдельные годы – до 36 см. Подъем уровня привел к еще большим негативным последствиям. Ведь и хозяйство, и население прибрежных районов уже приспособились к низкому уровню. В результате подъёма фонового уровня воды и затопления большой территории побережья изменились гидрологические условия и в прибрежной зоне казахстанской части Северного Каспия. Подверглась значительному затоплению территория от с. Курмангазы до пос. Жанбай. В своих трудах Сыдыков Ж.С. и Голубцов В.В. [10, 11] отмечают, что это привело к подпору подземного стока, направленного к морю. В результате образовались небольшие водоемы, затопленные соленой водой, а также солончаки и заболоченные площади, разбросанные между собой и не имеющие открытой связи с морем. Замедлился водообмен в грунтовых водах, что вызвало повышение их минерализации. Происходил процесс поднятия грунтовых вод и в окрестностях г. Атырау. Во многих районах города уровни грунтовых вод достигли критической отметки, когда амплитуда их колебания, вследствие неглубокого залегания, регулируется процессами испарения. Это приводило к появлению воды в подвальных помещениях и подтоплению фундаментов зданий. Кроме того, получили развитие негативные процессы подтопления территории города на фоне уменьшения дренирующего действия воды в русле р. Урал (Жайык). В результате подъема уровня моря наблюдалось разрушение инфраструктуры прибрежной части города Актау. Был причинен ущерб сотням километров шоссейных и грунтовых дорог. Из-за повышения уровня моря пострадали нефтедобывающие предприятия и рыбохозяйственные предприятия. Начиная с 2006 г. уровень Каспийского моря имеет тенденцию к снижению. В 2018 г. среднегодовой уровень моря достиг отметки минус 28,01 м, а в некоторые месяцы его от-

метки были ниже среднегодового на 20 см. Среднегодовое падение уровня моря за период наблюдений с 1900 по 2018 гг. составило минус 27,31 м БС, т.е. современный уровень моря ниже среднегодовое на 70 см. Снижение уровня моря более чем на 1 м способствовало изменению положения береговой линии Каспийского моря, особенно в казахстанском секторе. Это объясняется тем, что данный район моря имеет малые уклоны дна и прилегающей к нему суши и даже небольшие изменения уровня моря приводят к значительным затоплениям или осушениям побережья. Современное падение уровня моря также привело к изменению морфометрических характеристик: образовались новые островки, заливы. В некоторых районах море отступило на 25 км. По данным картирования спутниковых снимков площадь осушения в северо-восточной части Каспийского моря составила более 5000 км<sup>2</sup> [3].

Изучение колебаний Каспийского моря и их влияния на хозяйственные проблемы очень актуально. Наряду с этими исследованиями важно знать, как влияют колебания уровня на гидрохимические условия Каспийского моря.



- Легенда**
- Город
  - Районы активной антропогенной нагрузки
  - Морской судоходный канал
  - Тенгизское месторождение
  - Месторождение Каламкас
  - Месторождение Курмангазы
  - Месторождение Дархан
  - Месторождение Арман
  - Месторождение Каражамбас
  - Форт-Шевченко
  - Морпорт Актау
  - поселок Курык
  - Район впадения реки
  - Река Жайык (Урал)
  - Открытая акватория моря
  - Остров Кулалы
  - Разрез Мангышлак-Чечень
  - Разрез Песчаный-Дербент
  - Разрез Кендерли-Дивичи

Рис. 2. Схема расположения точек отбора проб.

Исследование параметров загрязнения за последние 10 лет проводилось статистическими методами для районов активной антропогенной нагрузки, впадения реки Жайык (Урал) и для районов открытой акватории моря (рис. 2).

Воды Каспийского моря загрязняются разнообразными веществами органического и минерального происхождения. Они поступают в море с речным стоком, непосредственно со сточными водами, при разливах нефти и авариях судов, при затоплении прибрежных районов. Активная производственная деятельность на побережье способствует увеличению притока загрязнителей с заливаемой береговой полосы. Этот процесс усиливается, благодаря периодическим затоплениям территорий вследствие штормовых нагонов и последующих сгонов. Исследуемый район, северо-восточная часть, особенно ее прибрежная зона, является одним из самых уязвимых районов Каспийского моря, где происходят наиболее существенные изменения гидролого-морфологических, гидрохимических и экологических процессов. Здесь, в среднем, в месяц отмечается 3...4 нагона и 4...5 сгонов, поэтому 80...85 % времени года береговая черта у восточного побережья Северного Каспия неустойчива и практически все время мигрирует [2].

В таблице 1 приведена статистика сгонно-нагонных явлений за последние 5 лет. Одной из основных особенностей гидролого-морфологических процессов у побережья Каспийского моря является то, что они происходят в условиях значительных изменений среднего (фоновое) уровня моря. При средних ветровых условиях размах этой миграции составляет 3...5 км, в экстремальных – при сгоне величина осушки может достигать 8...12 км, а величина затопления суши в отдельных районах побережья более 30 км. В результате повышения уровня моря происходит возрастание длительности, глубины нагонов и интенсивности течений; меняется гидрохимический режим участков рек и мелководий, растет загрязнение тяжелыми металлами, нефтепродуктами, пестицидами, другими вредными и опасными веществами и их соединениями, поступающими в море с речным стоком, а также вымываемые из грунта затопляемых территорий; размываются берега с расположенными на них строениями, теряются затопляемые и подтопляемые сельскохозяйственные угодья, что приводит к ухудшению природных и социально-экономических условий прилегающих территорий, ухудшению медико-экологической обстановки, другим чрезвычайным положениям.

Таблица 1

Количество сгонно-нагонных явлений за период с 2013 по 2018 гг. по данным М Пешной

Явление	Год					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Нагон	103	73	47	41	43	54
Сгон	30	29	51	43	30	47
Итого	133	102	98	84	73	101

Для шельфа неприливногo Каспийского моря основным видом колебаний уровня воды являются сгонно-нагонные явления анемобарического происхождения, при которых за короткий период (несколько часов) уровень может измениться на 1,5...2,5 м. Эти явления, в свою очередь, также наносят серьезный ущерб хозяйственной деятельности в прибрежной зоне. Особенно опасными и влекущими значительные материальные потери являются нагоны в отмельных районах моря с низменным побережьем, на котором они вызывают наводнения. Вышеуказанные условия и процессы весьма характерны для Северного Каспия, имеющего огромную протяженность мелководья (около 70 % акватории приходится на глубины менее 5 м) и крайне малое превышение отметок прилегающей к морю суши над современным уровнем моря. Повышение уровня воды при нагонах для районов побережья, высотные отметки которого незначительно превышают отметку среднего уровня моря, представляет иногда катастрофическое бедствие. Особенно это относится к северо-восточной мелководной, заливообразной части Каспийского моря с очень пологими берегами Прикаспийской низменности, у берегов которой отмечаются наибольшие в этом море величины нагонов. Так небольшой нагон 1991 г. вызвал повышение концентрации нефтепродуктов в районе Тенгиза до 4,2 ПДК, которая затем вскоре (за 3 суток) опустилась до фоновой (1,8 ПДК). В зону затопления водами Каспия попадают действующие нефтепромыслы, законсервированные скважины, места складирования отходов бурения, разливы нефти и нефтесодержащих пластовых вод. Наибольшую опасность представляет загрязнение нефтяными углеводородами.

Нефть препятствует не только естественной аэрации водоема, вызывая дефицит растворенного в воде кислорода, но и нарушает нормальные биологические процессы в водоемах, на длительное время изменяет состав воды. Особенно велико отрицательное воздействие нефти и вторичного загрязнения водоемов в результате нарушения и прекращения жизнедеятель-

ности флоры. При загрязнении нефтью водоемов замедляется рост водорослей, угнетается жизнедеятельность рыб и морских млекопитающих. Осевшие на дне мазут, масла, тяжелые углеводороды вызывают вторичное загрязнение водоемов, отравляют донный грунт, вызывают гибель водных растений и питающихся там птиц. При оптимальных условиях природной среды срок разложения нефти в воде исчисляется несколькими десятками суток, однако нефтепродукты постоянно присутствуют в воде в растворенном и пленочном состоянии, что свидетельствует о преобладании процессов загрязнения над процессами естественного самоочищения.

Как показывают исследования, нефтяное загрязнение морских вод в районах нефтепромыслов не носит постоянного характера. Так, в 2017 г. в июне в районе месторождения Каражамбас оно находилось на уровне 0,032 мг/л, что составляет 0,6 ПДК, в сентябре – 0,02 мг/л (0,4 ПДК), в районе месторождения Тенгиз в период с июня по сентябрь 2017 г. оно находилось в пределах 0,043...0,048 мг/л (0,9...0,96 ПДК). Содержание нефтепродуктов в донных отложениях не велико. Грунт накапливает в себе нефтепродукты, концентрация которых в значительно меньшей степени подвержена влиянию сгонно-нагонных явлений и отражает долговременный интегральный процесс.

В последние годы в мелководных районах Северного Каспия прослеживается четкая зависимость между содержанием нефтепродуктов в воде и уровнем моря (рис. 3). С понижением уровня моря увеличивается содержание углеводородов. Анализ данных показал, что достаточно редко фоновые концентрации содержания нефтепродуктов в воде превышают предельно-допустимые значения, однако существует положительный тренд увеличения концентрации нефтепродуктов в мелководных районах казахстанского сектора Каспийского моря.

Следующим анализируемым параметром загрязнения были фенолы – распространенные загрязняющие вещества, поступающие в воды Каспийского моря главным образом со сточными водами нефтеперерабатывающих и других предприятий. Обычно в естественных условиях фенолы образуются в процессе метаболизма водных организмов, при биохимическом окислении органических веществ. Предельно допустимая концентрация фенолов в питьевой воде и воде рыбохозяйственных водоёмов составляет 0,001 мг/л. Фенолы – химически нестойки и подвергаются в водной среде активному распаду. Процесс самоочищения морской воды от фенолов протекает по пути биохимического окисления под влиянием ферментов, вырабатываемых

микроорганизмами. Согласно проведенным исследованиям, концентрация фенолов в казахстанском секторе Каспийского моря не превышала ПДК. Выявлена достаточно четкая зависимость между содержанием фенолов в воде и уровнем на мелководных участках моря (рис. 4).

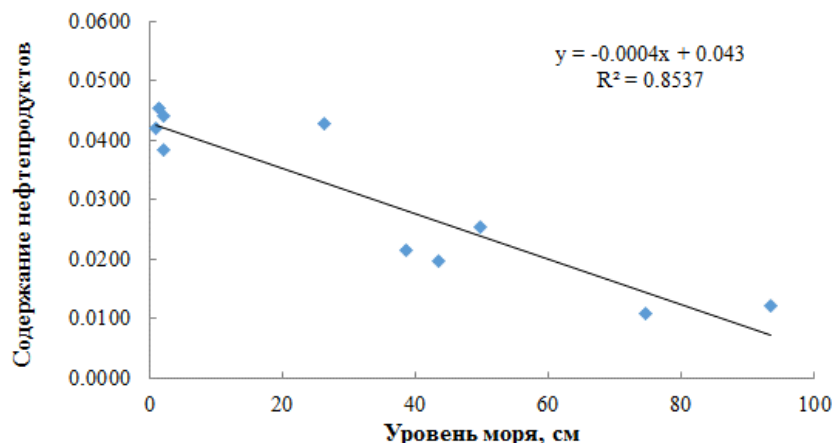


Рис. 3. Зависимость содержания нефтепродуктов в воде и уровне моря для мелководных районов Северного Каспия.

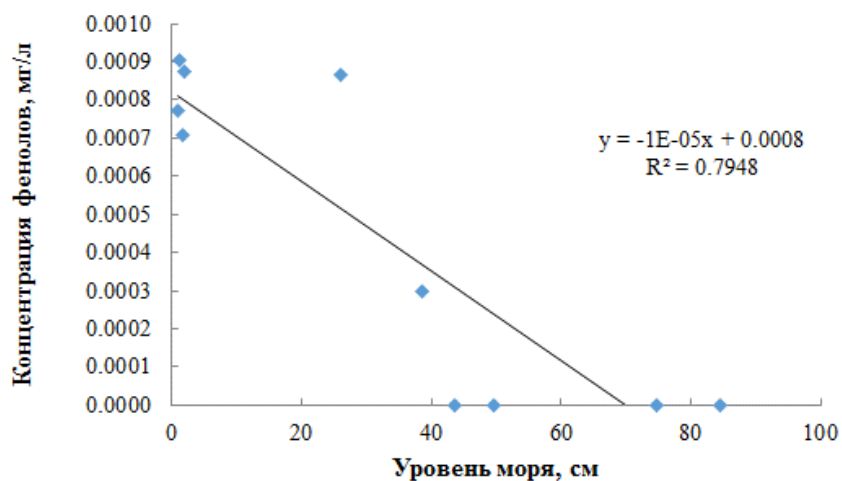


Рис. 4. Зависимость концентрации фенолов в воде и уровне моря для мелководных районов Северного Каспия.

Коэффициент аппроксимации составил 0,6...0,8. Несколько меньше в районах нефтяных месторождений и вековых разрезах Среднего Каспия. Несмотря на то, что концентрации фенолов находятся в допустимых пределах, прослеживается тенденция увеличения концентрации фенолов в связи с

падением уровня моря. Особенно заметно это проявляется в последние годы, когда концентрация фенолов приближается к предельному значению.

Таким образом, прослеживается зависимость между колебаниями уровня Каспийского моря и концентрацией углеводородов в казахстанском секторе. Это свидетельствует о том, что колебания уровня моря во многом обуславливают экологическое равновесие региона. Характер их влияния на побережье и морскую среду необходимо учитывать при освоении и использовании прибрежной зоны, а также при планировании и проведении природоохранных мероприятий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зонн И., Костяной А., Косарев А., Жильцов С. Каспийское море. Энциклопедия. – М.: Международные отношения, 2015. – 544 с.
2. Ивкина Н.И. Сгонно-нагонные явления в устьевой зоне казахстанского сектора Каспийского моря // Труды государственного океанографического института (ГОИН Росгидромета). – 2013 – Вып. 214. – С. 278-290.
3. Ивкина Н.И., Терехов А.Г., Наурызбаева Ж.К. Колебания уровня Каспийского моря и диагностика современных изменений положения береговой линии по спутниковым данным landsat периода 2005-2015 годов // Гидрометеорология и экология. – 2015. – № 2. – С. 89-99.
4. Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря N15 от 15 марта 2018 г. [Электронный ресурс] [http://www.caspc.com/files/CASPCOM\\_bulletin15\\_1.pdf](http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin15_1.pdf) (Дата обращения: 05.12.2018).
5. Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря N16 от 27 сентября 2018 г. [Электронный ресурс] [http://www.caspc.com/files/CASPCOM\\_bulletin16\\_1.pdf](http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin16_1.pdf) (Дата обращения: 05.12.2018).
6. Косарев А.Н., Никонова Р.Е. О причинах и последствиях колебаний уровня Каспийского моря в XX-XXI столетиях. // Труды ГОИН. – 2008. – Вып. 211. – С. 127-151.
7. Косарев А.Н., Никонова Р.Е. Современные колебания уровня Каспийского моря: причины, последствия, тенденции // Вестник Каспия.– 2006. – № 4 (60). – С. 40-59.
8. Никонова Р.Е. Уровень моря. Водный баланс. / Гидрология и гидрохимия морей. – Т.6. – Каспийское море, вып. 1. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – С. 188-199, 211-221.

9. Проект «Моря». Гидрометеорология и гидрохимия морей. – Т. IV. Каспийское море, Вып. 1. – Гидрометеорологические условия. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. – 359 с.
10. Сыдыков Ж.С., Голубцов В.В., Куандыков Б.М. Каспийское море и его прибрежная зона. – Алматы: Олке, 1995. – 211 с.
11. Сыдыков Ж.С., Голубцов В.В., Мухамеджанов М.А. Проблемы Каспийского моря и возможности их решения. // Вестник Академии наук Республики Казахстан. – 1992. – № 4. – С.43-54.

Поступила 20.05.2020

Геогр.ғылым.канд.

PhD, профессор

Н.И. Ивкина

А.Ф. Елтай

Бьорн Клове

М.Т. Садуокасова

И.В. Шенбергер

Г.М. Шишкина

### **ТЕҢІЗ ДЕҢГЕЙІНІҢ ТЕРБЕЛІСІ ЖӘНЕ ОНЫҢ КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ ҚАЗАҚСТАН СЕКТОРЫНЫҢ МҰНАЙМЕН ЛАСТАНУЫНА БЫҚПАЛЫ**

**Түйін сөздер:** деңгей, Каспий теңізі, ластану, мұнай өнімі, фенол

*Мақалада Каспий теңізі деңгейінің мерзімді және периодтық емес тербелістері және олардың теңіз суының көмірсутектерімен ластану деңгейіне әсері туралы мәселелер қарастырылады. Соңғы 5 жылдағы қазақстандық сектордағы желшиегерме-желкөтерме құбылыстарының статистикасы келтірілген. Каспий теңізі деңгейінің тербелісі ең алдымен Қазақстан жағалауына жақын таяз солтүстік-шығыс бөлігінің гидрологиялық, морфометриялық және гидрохимиялық сипаттамаларына әсер етеді. Ластану параметрлерін зерттеу статистикалық әдістермен соңғы 10 жыл ішінде Жайық өзенінің салалары және ашық теңіз аудандары үшін жүргізілді. Теңіз деңгейі мен мұнай өнімдері және фенолдар арасындағы тәуелділік анықталды, сондай-ақ Каспий теңізінің қазақстандық секторының таяз учаскелерінде осы элементтердің шоғырлануының оң тенденциясы анықталды.*



N.I. Ivkina, A.G. Yeltay, Bjørn Kløve, M.T. Saduokassova, I.V. Shenberger,  
G.M. Shishkina

**CHANGE OF WATER LEVEL AND ITS IMPACT TO THE OIL  
POLLUTION OF THE KAZAKHSTAN SECTOR OF THE CASPIAN  
SEA**

**Key words:** level, Caspian Sea, pollution, oil products, phenols

*The article deals with issues related to periodic and non-periodic fluctuations of the Caspian Sea level and its impact to seawater pollution by hydrocarbons. The statistics of storm surges of the Kazakhstan sector over the past 5 years is given. It was noted that Caspian Sea level fluctuations of the primarily affect to hydrological, morphometric and hydrochemical characteristics of the shallow northeastern part. The study of pollution parameters was carried out by statistical methods for the last 10 years for areas of active anthropogenic load, the mouth of the Zhayik River (Ural River) and for open sea area. Comparison between the content of petroleum products and phenols in water and sea level, as well as a positive trend in the concentration of these elements in the shallow areas of the Kazakhstan sector of the Caspian Sea, are revealed.*

УДК 504.05

Э.Б. Мусина<sup>1</sup>**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЦЕМЕНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА  
ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ  
АО «КАРЦЕМЕНТ»**

**Ключевые слова:** окружающая среда, цементная промышленность, производственные выбросы, пыль, парниковые газы, выбросы в атмосферу

*В данной статье рассматривается проблема загрязнения окружающей среды цементной промышленностью. Даны общие сведения о негативном влиянии производственных выбросов. Основное внимание в работе автор акцентирует на выброс парниковых газов и загрязняющих атмосферу веществ. В результате производственной деятельности цементного предприятия в окружающую среду выбрасываются такие вещества как сажа, оксиды азота, диоксид серы, оксид углерода, металлы и их соединения. Также происходит загрязнение воды и выброс твердых бытовых отходов (ТБО). Основным ингредиентом, содержащимся в выбросах цементных заводов, является неорганическая пыль. Определены источники пылевых выделений. Представлены сведения по объему выброса парниковых газов и загрязняющих веществ. На основании результатов анализа оценки влияния работающих цементных заводов предложены мероприятия по снижению вредного воздействия на окружающую среду.*

Стремительное развитие производственной деятельности привело к загрязнению атмосферы и гидросферы, возникновению глобальных экологических проблем, в частности истощение озонового слоя, парниковый эффект, потепление климата, в связи с этим, под угрозой исчезновения оказались многие виды растений и животных.

К основным источникам загрязнения окружающей среды относятся нефтеперерабатывающие комплексы, металлургическое, металлообрабатывающее, коксохимическое производства,

---

<sup>1</sup> ЖезУ имени О.А. Байконурова, г. Жезказган, Казахстан

электростанции, а также предприятия промышленного и бытового комплекса [1].

Помимо вышеперечисленных отраслей, производство стройматериалов также оказывает непосредственное влияние на окружающую среду. На данную отрасль приходится до 8,1 % от общего объема выбросов. Как отмечает автор [2] в своей работе, «по данным CPCB (Central Pollution Control Board) цементная промышленность входит в число 17 наиболее вредных для окружающей среды производств». Ежегодный выброс пыли от цементных предприятий составляет более 27 млн. тонн. Из них 2/3 составляют твердые вещества и 44 % газообразные [3, 9]. В составе выбросов помимо пыли, также присутствуют оксиды азота, диоксид серы, оксид углерода, металлы и их соединения: Ba, Be, Cr, As, Ni, Al, Ca, Fe, Mn, Cu, Ag, Sb, Cd, Pb, Se, Zn, K, Na, Tl, Hg [5, 9]. Кроме этого, предприятия загрязняют среду грязной водой и ТБО. Выбросы цементных предприятий оказывают негативное воздействие не только на окружающую среду, но и на организм человека.

Целью работы является определение уровня выбросов цементным предприятием АО «Карцемент» и их влияния на окружающую среду. И на основании результатов анализа предложить комплекс мероприятий, направленных на снижение уровня производственных выбросов.

Цементное предприятие АО «Карцемент» расположено в Карагандинской области. С 2008 года производит цемент по сухому способу.

Производство цемента основано на двух этапах: получение клинкера и дальнейший его помол с минеральными добавками. Каждый этап технологического процесса связан с дроблением, либо помолом сырьевых компонентов и в связи с этим сопровождается значительным пылевыведением в атмосферу, загрязнением почвы и растительных сообществ на территории предприятия и на границах санитарно-защитной зоны.

На промплощадке расположены и являются источниками загрязнения атмосферного воздуха: цех переработки известняка, цех переработки суглинков, участок приема железной руды, система ленточных конвейеров с узлами пересыпок сырья, технологические линии производства цемента сухим способом № 5 и 6 (накопительные и смешивающие бункера, сырьевые мельницы, вращающаяся печь обжига, охладительные бункера клинкера, силосные бункера сырьевых компонентов, цементные мельницы, цементные силоса), открытые склады

сырьевых материалов и отходов, углепомольное отделение, цех сушки шлака, цех помола цемента.

Всего на промплощадке цементного завода АО «Карцемент» расположено 93 источника выброса загрязняющих веществ в атмосферу, из них организованных 64, неорганизованных – 29. Из данных источников выброс парниковых газов происходит при следующих процессах:

- от технологической линии производства клинкера № 6 – при обжиге клинкера во вращающейся печи сухого способа производства (кальцинирование карбонатов, сжигание угля, сжигание дизельного топлива для розжига печи);
- в цехе измельчения суглинок – при сушке суглинок в сушильной печи (сжигание угля, дизельного топлива);
- при работе автотранспорта – от сжигания топлива (бензин, дизельное топливо) в двигателях внутреннего сгорания;
- от вспомогательного производства – при газовой резке металлов (пропан), при использовании смазочных материалов (масла и смазки);
- при перезарядке огнетушителей (использование углекислотных огнетушителей);
- от резервуаров хранения нефтепродуктов – через дыхательные клапана резервуаров (дизельное топливо).

По данным результатов инвентаризации был определен объем выбросов парниковых газов в эквиваленте тонны двуокиси углерода цементным производством (табл. 1).

Таблица 1

Сведения по объему выброса парниковых газов

Общий объем выбросов парниковых газов по всем установкам в эквиваленте тонны двуокиси углерода	Базовый объем выбросов парниковых газов в эквиваленте тонны двуокиси углерода
в т.ч. по категориям источников:	<b>523974,514</b>
Стационарные источники	523900,709
Передвижные источники	73,805
По отдельным парниковым газам:	<b>523448,562</b>
Выбросы CO <sub>2</sub> , в т.ч. по категориям источников:	
Стационарные источники	523375,198
Передвижные источники	73,364
Выбросы CH <sub>4</sub> в эквиваленте тонны двуокиси углерода, в т.ч. по категориям источников:	<b>525,952</b>
Стационарные источники	525,511
Передвижные источники	0,441

Согласно методическим указаниям по расчету выбросов

парниковых газов от промышленных предприятий наиболее весомым является значение объема CO<sub>2</sub>, так как примерно 80 % антропогенного воздействия, непосредственно, связано с углекислым газом. По сравнению с ним, метан дает лишь 18...19 %, а остальные газы только 1...2 %. Поэтому антропогенный эффект в основном зависит от уровня CO<sub>2</sub> [3, 4].

Таблица 2

Сведения о производственных выбросах в атмосферу

Наименование загрязняющих веществ	Класс опасности	ai	ПДКс.с, ПДК м.р, ОБУВ	Выбросы веществ, т/год		Величина КОП	
				2014...2015	2016...2018	2014...2015	2016...2018
Азота диоксид	2	1,3	0,04	1057,0034	1057,0034	560558,975	560558,97
Ангидрид сернистый	3	1,0	0,125	2413,8965	2413,8965	19311,1720	19311,172
Ванадия пятиокись	–	–	0,002	0,0002	0,0002	0,1000	0,1000
Взвешенные частицы PM10	–	–	0,06	0,0018	0,0018	0,0300	0,0300
Железа оксид	3	1,0	0,04	1,7136	1,7136	42,8400	42,8400
Марганец и его соединения	2	1,3	0,001	0,0776	0,0776	286,2993	286,2993
Меди оксид	–	–	0,002	0,0001	0,0001	0,0500	0,0500
Никеля оксиды	–	–	0,001	0,00008	0,00008	0,0800	0,0800
Пыль неорганическая: < 20 % SiO <sub>2</sub>	3	1,0	0,15	1433,8058	1405,4558	9558,7053	9369,7053
Пыль неорганическая: 70-20% SiO <sub>2</sub>	3	1,0	0,1	392,4916	376,1857	3924,9160	3761,8570
Сажа (углерод черный)	3	1,0	0,05	0,2885	0,2885	5,7700	5,7700
Сероводород	2	1,3	0,008	0,000024	0,000024	0,0005	0,0005
Углеводороды предельные (C12-C19)	4	0,9	1	0,001	0,001	0,0020	0,0020
Углерода оксид	4	0,9	3	2489,4121	2489,4121	423,7190	423,7190
Фториды	3	1,3	0,05	0,0511	0,0511	1,0287	1,0287
Фтористые соединения газообразные	2	1,3	0,005	0,0307	0,0307	10,5832	10,5832
Хром шестивалентный	3	1,7	0,6	0,0175	0,0175	0,0025	0,0025
<b>Итого:</b>				<b>7788,79160</b>	<b>7744,13570</b>	<b>594124,274</b>	<b>593772,21</b>

Помимо анализа объемов выбросов парниковых газов в атмосферу,

также экологической службой предприятия были проведены замеры о количестве производственных выбросов. Сведения по их составляющим и объему представлены в таблице 2, которые показывают стабильный уровень выбросов, т.е. превышение не наблюдается. Несмотря на это, наличие данных веществ в выбросах негативно сказывается на состоянии окружающей среды. Особенное внимание мировое сообщество уделяет выбросам, которые в своем составе содержат хлор-, фторуглеродороды, углекислый и сернистый газы. Так как они приводят к повреждению озонового слоя, возникновению парникового эффекта, выпадению кислотных дождей.

О степени опасности вредных веществ, представленных в таблице 2 можно судить по их балльной оценке, т.е. классу опасности. Несмотря на то, что некоторые вещества имеют невысокий класс, они все равно оказывают негативное влияние. К примеру, прямое воздействие оксида азота на растения выражается в пожелтении или побурении листьев и игл, происходящему из-за окисления хлорофилла. Совместное окисление жирных кислот с хлорофиллом в растениях приводит к разрушению мембран и некрозу. При этом в клетках образуется азотистая кислота, которая в свою очередь оказывает мутагенное воздействие. Воздействие оксида азота выражается в обесцвечивании листьев, увядании цветков, а также в прекращении плодоношения и роста. Это связано с образованием кислот при растворении  $\text{NO}_x$  в межклеточной и внутриклеточной жидкости [5, 6].

Гибель неустойчивых видов растений связана с влиянием углеводов. В результате происходит обеднение рядового состава растительности, формирование болотной растительности, также наблюдается изменение нормального развития водных организмов. И в конечном итоге изменяется химический состав растений и накопление в них органических и неорганических загрязняющих веществ [7, 8].

Анализ сведений, приведенных в таблице 2, показал необходимость ввода в эксплуатацию эффективных пылеочистных установок, а также модернизацию применяемого пылеулавливающего оборудования и проведение своевременных ремонтно-наладочных работ. Эффект от данного предложения заключается в снижении выбросов пыли в окружающую среду и в рабочей зоне. Также на предприятии предусмотрен возврат пыли, выбрасываемой с из клинкернообжигательных печей во вращающуюся печь.

Для сокращения объемов выбросов парниковых газов предложен входной контроль за качеством используемого сырья, т.е. недопущения использования сырья, несоответствующему сертификату.

Во избежание образования стихийных свалок ТБО на территории предприятия предусмотрен вывоз и передача сторонним организациям отходов на утилизацию и переработку (металлолом, лом огнеупорного кирпича).

Помимо этого, необходимо предусмотреть стимулирование работы операторов по соблюдению экологических требований. В связи с этим рекомендовано для работников экологической службы предприятия ежегодное прохождение курсов повышения квалификации, также просвещение работников по вопросам экологии и определения уровня воздействия деятельности предприятия на компоненты окружающей среды путем проведения мониторинга.

Подобный комплекс технологических решений позволяет максимально снизить уровень запыленности атмосферного воздуха и создать благоприятные условия для проживания в относительной близости к цементному предприятию [7].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бушихин В.В., Ломтев А.Ю., Колтон Г.П., Еремин Г.Б., Карелин О.А., Мозжухина Н.А. Контроль выбросов при производстве цемента. // Экология производства. – 2016. – № 8. – С. 46-50.
2. Исабекова В.Ш., Бекболотова А.К., Мамбетова Г.А. Влияние производства цемента на окружающую среду. // Известия КГТУ им. И. Раззакова. – 2014. – №33. – С. 485-488.
3. Казакова Н.А. Влияние цементной промышленности на загрязнение окружающей среды. // Publishing house Education and Science s.r.o. URL: <http://masters.donntu.org/2015/feht/ohnenna/library/article7.htm> (дата обращения 20.05.2020).
4. Лапко В.Г., Селаври Т.В., Семенов Э.И. Санитарно-гигиеническая характеристика полимерных материалов. Энциклопедия полимеров. – С. 357.
5. Лашина В.В., Петрова А.Н. Загрязнение атмосферы при производстве цемента и опыт по снижению выбросов углекислого газа на предприятиях цементной промышленности Германии и России. // Научный вестник МГГУ. – 2011. – № 12 (21). – С. 26–33.
6. Морозов С.В., Рапута В.Ф., Коковкин В.В. Оценка выпадений органических и неорганических примесей в окрестностях цементного

завода. // Интэрэкспо Гео-Сибирь. – 2019. – №1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vypadeniy-organicheskikh-neorganicheskikh-primesev-v-okrestnostyah-tsementnogo-zavoda> (дата обращения: 21.05.2020).

7. Саспугаева Г.Е., Кириченко В.С. Экологическая оценка деятельности предприятия «ТОО АСТАНА ЖОЛ» асфальтобетонного завода. // Advances in current natural sciences. – 2015. – № 1. – С. 450-453.
8. Семиненко А.С., Попов Е.Н., Малахов Д.Ю. Влияние цементной пыли на организм человека. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 2. – С. 93–94.
9. Чомаева М.Н. Экология производства цемента. // International Journal of Humanities and Natural Sciences, vol. 2-1. – 2019. – С. 8-10.

Поступила 29.04.2020

Э.Б. Мусина

### **"КАРЦЕМЕНТ" АҚ МЫСАЛЫНДА ЦЕМЕНТ ӨНЕРКӘСІБІНІҢ ҚОРШАҒАН ОРТАНЫҢ ЛАСТАНУЫНА ӘСЕРІН БАҒАЛАУ**

**Түйін сөздер:** қоршаған орта, цемент өнеркәсібі, өндірістік шығарындылар, шаң, парникті газдар, атмосфераға шығарындылар

*Бұл мақалада цемент өнеркәсібінің қоршаған ортаны ластау мәселесі қарастырылады. Өнеркәсіптік шығарындылардың теріс әсері туралы жалпы мәліметтер келтірілген. Автор парниктік газдар мен ауаны ластайтын заттардың шығарылуына назар аударады. Цемент зауытының өндірістік қызметі нәтижесінде көміртегі қара, азот оксиді, күкірт диоксиді, көміртегі оксиді, металдар және олардың қосылыстары қоршаған ортаға шығарылады. Судың ластануы және қатты қалдықтар да пайда болады. Цемент зауыттарынан шығарылатын негізгі ингредиент – бейорганикалық шаң. Шаң көздері анықталды. Парниктік газдар мен ластаушы заттардың шығарындылары туралы ақпарат келтірілген. Жұмыс істеп тұрған цемент зауыттарының әсерін бағалауды талдау нәтижелері бойынша қоршаған ортаға зиянды әсерді азайту шаралары ұсынылады.*



E. Mussina

**EVALUATION OF THE EFFECT OF CEMENT INDUSTRY ON ENVIRONMENTAL POLLUTIONS ON THE EXAMPLE OF CARCEMENT JSC**

**Keywords:** environment, cement industry, industrial emissions, dust, greenhouse gases, air emissions

*This article discusses the problem of environmental pollution by the cement industry. General information on the negative impact of industrial emissions is given. The author focuses on the emission of greenhouse gases and air polluting substances. As a result of the cement plant's production activities, such substances as carbon black, nitrogen oxides, sulfur dioxide, carbon monoxide, metals and their compounds are emitted into the environment. Water pollution and solid waste also occur. The main ingredient in emissions from cement plants is inorganic dust. Dust sources identified. Information is provided on the volume of emissions of greenhouse gases and pollutants. Based on the results of the analysis of assessing the impact of operating cement plants, measures are proposed to reduce the harmful effects on the environment.*

УДК 551.578.48

Канд. техн. наук

В.В. Жданов<sup>1</sup>**СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ПРОГНОЗОВ  
ЛАВИННОЙ ОПАСНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ПРОГНОЗОВ В  
РАЙОНЕ СЛС ШЫМБУЛАК)**

**Ключевые слова:** искусственные нейронные сети, лавинная опасность, машинное обучение, оценка, прогноз, снежные лавины, факторы лавинообразования

*В статье приведен краткий обзор современных методов оценки и прогноза лавинной опасности. Выделены перспективные направления в развитии снеголавинных прогнозов: использование искусственных нейронных сетей, численных моделей прогноза погоды и переход на вероятностные формы прогноза. Приводится описание экспериментального метода оценки и прогнозирования лавинной опасности. Результаты испытаний нового метода прогноза на снеголавинной станции Шымбулак показали общую оправдываемость 87 %. Искусственная нейронная сеть способна оценить уровень лавинной опасности в 64 % случаев. Это делает перспективным внедрение новых методов оценки и прогнозирования лавинной опасности в практической работе снеголавинной службы Казахстана.*

**Введение.** Оценка и прогнозирование лавинной опасности является одним из основных способом защиты от лавин в Казахстане [9, 15, 16]. В настоящее время прогнозы составляются только по бассейнам двух рек Киши и Улькен Алматы в Иле Алатау. Все методы прогноза и нормативные документы разработаны еще во времена СССР [8, 14]. Улучшение качества прогнозов очень важно для обеспечения безопасности населения и объектов. В течении нескольких лет в лаборатории природных опасностей Института географии МОН РК ведется работа по изучению и адаптации мирового опыта прогноза лавин [1...6].

---

<sup>1</sup>АО «Институт географии и водной безопасности» МОН РК, г. Алматы  
Республика Казахстан

В результате изучения мирового опыта были выделены перспективные направления в развитии методов оценки и прогнозирования лавинной опасности:

1. машинное обучение и искусственные нейронные сети (ИНС), которые позволяют решать статистические задачи и обрабатывать большие массивы информации;
2. математические модели прогноза погоды, увеличивающие заблаговременность лавинных предупреждений;
3. вероятностный прогноз лавин и международная шкала опасности, которые позволяют оценить уровень риска в зависимости от ожидающейся снеголавинной обстановки.

**Машинное обучение и искусственные нейронные сети.** В настоящее время программы искусственного интеллекта (ИИ) используются во многих областях науки и техники [13]. В метеорологии и гидрологии ИИ способен решать задачи математической статистики: классификация, регрессия, прогноз временных рядов. Научное обоснование применения ИНС в прогнозе лавин дали специалисты из Швейцарского института изучения снега и лавин (Institut für Schnee – und Lawinenforschung (SLF)) в 90-х годах 20-го века [33, 34].

Для составления снеголавинных прогнозов широко используются статистические методы. Очень важно классифицировать текущую снеголавинную обстановку. Большинство существующих методов прогноза лавин – это разделение метеорологических параметров на снеголавинной станции на два класса: лавиноопасные и нелавиноопасные ситуаций. На практике обычно используется графический метод разделения.

Искусственные нейронные сети (ИНС) справляются с подобными задачами. Существуют нейросетевые приложения от известных производителей компьютерных программ: MathCad, Statistica, Microsoft Excel. Для экспериментов был выбран нейросимулятор Ясницкого и Черепанова из Пермского госуниверситета [21, 22, 37]. Его интерфейс приведен на рис. 1. Программа работает в трех режимах: обучение, тестирование, прогнозирование. Программа проста и удобна в работе. Нейросеть обучается на многолетних архивных данных о метеорологической обстановке и сходе снежных лавин. На его основе разрабатываются автоматические помощники в работе прогнозиста. Основное недостаток нейронных сетей – сильная зависимость от обучающей выборки. Хороший результат можно полу-

чить только после тщательной обработки архивных данных и выбора репрезентативных примеров для обучения ИНС.

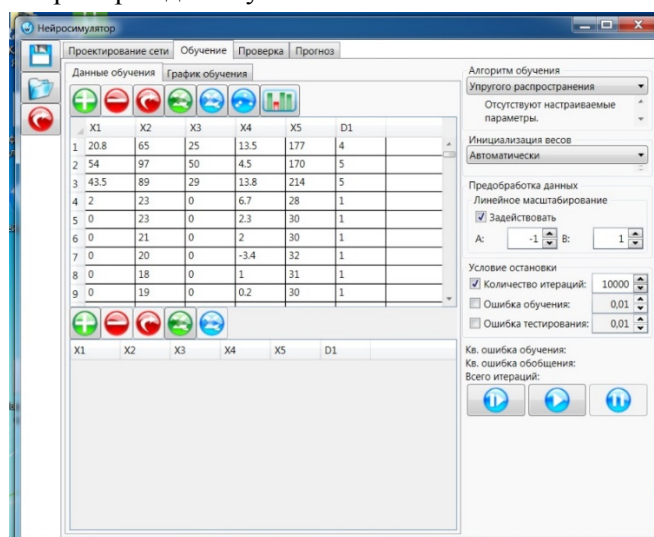
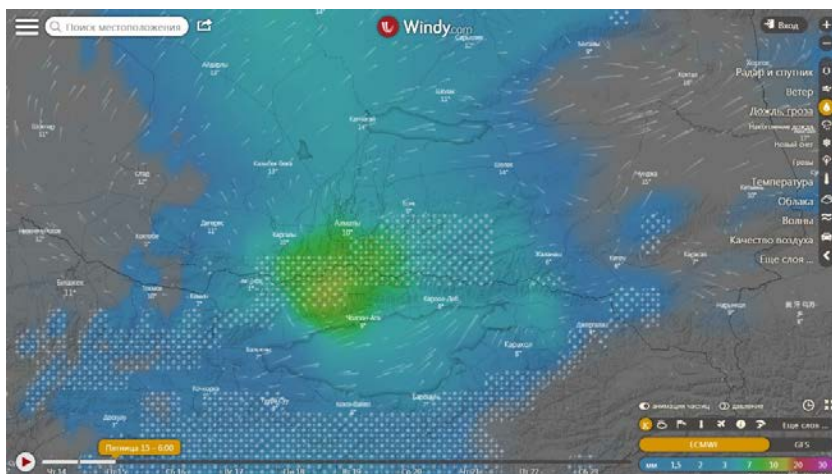


Рис. 1. Интерфейс нейросимулятора авторов Ясницкого и Черепанова (Пермский госуниверситет).

**Математические модели прогноза погоды.** В настоящее время на снеголавинных станциях (СЛС) используются статистические методы прогноза лавин, которые относятся к методам классификации текущей обстановки. Они обладают нулевой заблаговременностью. Такие методы прогноза получили современное название «тренд-прогноз» или «наукастинг» [11, 12]. Решить проблему увеличения заблаговременности возможно с применением моделей численного прогноза погоды.

Современные среднесрочные прогнозы составляются в мировых центрах прогнозирования и распространяются бесплатно для стран членов Всемирной метеорологической организации (ВМО) [12, 17, 18]. Модель способна спрогнозировать основные метеорологические параметры у поверхности земли и на высоте: температура воздуха, давление, влажность, ветер. Модели подразделяются на глобальные, региональные и национальные. Самыми популярными и надежными являются глобальные модели: GFS (г. Вашингтон, США) и ECMWF (г. Реддинг, Великобритания). Широко используются и региональные модели, например, Росгидромета [20]. Статистическая точность краткосрочных прогнозов (1...3 дня): 80 % при прогнозе осадков и 90 % при прогнозе температуры воздуха. Результаты глобальных прогностических моделей – это прогностические карты основных метеорологических параметров, приведенные на рис. 2. [38].



*Рис. 2. Прогностическая карта количества осадков у поверхности в предгорьях Иле Алатау. Визуализированный результат математической модели. Данные с сайта Windy.com.*

Физико-статистические методы прогноза основаны на обнаружении зависимости между прогнозируемыми основными метеорологическими параметрами и локальными явлениями погоды. Так работают большинство национальных прогностических центров в мире. В РГП «Казгидромет» математические модели успешно применяются при прогнозе опасных гидрологических явлений. Прогностические карты температуры воздуха и осадков для РК выводятся на рабочий стол прогнозиста-гидролога.

Основными предикторами для прогноза лавин являются максимальная температура воздуха и количество выпавших осадков (прирост снежного покрова) [8, 9, 14]. Поэтому прогноз этих параметров наиболее важен для увеличения заблаговременности лавинных предупреждений.

Из-за ошибок прогностических моделей растет ошибка снеголавинных прогнозов, особенно на длительные сроки. При оценке подобного метода прогноза необходимо учитывать неопределенность прогноза погоды и ошибки классификации лавиноопасных ситуаций.

**Вероятностный прогноз лавинной опасности.** Любой прогноз обладает неопределенностью. В настоящее время прогнозы РГП «Казгидромет» передаются в категорической форме «Лавиноопасно» или «Нелавиноопасно» [15, 16]. Для уточнения указывается среднестатистическая оправдываемость прогнозов за многолетний период. Она составляет 80...90 %.

Принятие экстренных мер осуществляется на основании «Штормовых предупреждений». Поскольку любая лавина, начиная от 100 м<sup>3</sup>, считается опасным явлением (ОЯ), то прогнозист обязан выдавать «Штормовое предупреждение». Любые ошибки прогноза вызывают экономические потери и недовольство пользователей прогнозом лавинной опасности. Хотя по нормативным документам прогнозы укладываются в утвержденный норматив качества [9, 10, 14].

В России опасным явлением считается только массовый сход лавин, угрожающих населению и объектам. В этом случае составляется «Шторм-предупреждение» и объявляется чрезвычайная ситуация. Сход мелких лавин, в которых могут пострадать туристы в отдаленных районах не учитывается. В этом случае оправдываемость предупреждений растет [11].

В большинстве стран с развитой системой горного и лыжного туризма оценка лавинного риска осуществляется на основании вероятностных прогнозов лавинной опасности. В Швейцарском институте изучения снега и лавин для этих целей разработана пятибалльная шкала лавинной опасности [23...36]. Вероятностный прогноз составляется группой лавинных экспертов. При этом оценка эталонного и местного эксперта может различаться в 25 % случаев [27]. Для помощи в составлении вероятностного прогноза в SLF были разработаны автоматизированные экспертные системы на базе искусственного интеллекта. Точность классификации лавиноопасных ситуаций составила 65 % случаев [33...34]. Ошибка классификации с помощью ЭВМ гораздо больше, чем различия в экспертных оценках специалистов. Поэтому автоматизированные системы до сих пор являются вспомогательным инструментом. А решение остается за группой экспертов-прогнозистов.

**Экспериментальный метод оценки и прогноза лавинной опасности для СЛС Шымбулак.** В Институте географии был разработан экспериментальный метод прогноза снежных лавин в районе СЛС Шымбулак с применением, описанных выше методов. Первый вариант этого метода был описан в статьях и прошел испытания на снеголавинной станции в 2015 г. [7]. Он представляет собой метод разделения текущей метеорологической обстановки на два класса: лавиноопасно и нелавиноопасно. Для разделения использовались методы дискриминантного анализа или симулятор искусственной нейронной сети. Метод показал хорошую точность классификации. Но в процессе испытания метода прогноза на СЛС были выявлены недостатки. Во-первых, это отсутствие заблаговременности, так

же как у существующих методов прогноза. Во-вторых, симулятор ИНС требует более мощных компьютеров.

Для увеличения заблаговременности было принято решение использовать прогностические данные моделей прогноза погоды (сумма осадков и максимальная температура воздуха). Для этого были внесены изменения в исходные данные о метеорологической и снеголавинной обстановке. В обучающей выборке были использованы данные о высоте снежного покрова перед началом лавиноопасного периода, а данные об осадках и температуре воздуха взяты в момент схода снежных лавин. Эти предикторы применяют в настоящее время в оперативной работе СЛС «Шымбулак».

Доработанный метод прогноза позволяет классифицировать лавиноопасную ситуацию для трех основных типов снежных лавин в ущелье Киши Алматы: лавины, связанные с сухими снегопадами, смешанными осадками и оттепелью. Были взяты данные о метеорологической обстановке и сходе снежных лавин за период 1978..2018 гг. Обучающая выборка охватывала период 1978...2014 гг., тестовая выборка – период 2015...2018 гг.

Если с помощью нейросимулятора разделять текущую снеголавинную обстановку на два класса, то заблаговременность будет нулевая. Если при оценке будущей лавиноопасной ситуации использовать данные о прогностических суммах осадков и максимальных температурах воздуха, то заблаговременность прогноза увеличится, но упадет его точность. Результаты оценки итоговой точности распознавания и прогнозирования лавиноопасных ситуаций приведены в табл. 1.

Таблица 1  
Точность прогнозирования отдельных типов лавин с учетом математических моделей прогноза погоды

Метеорологический параметр	Точность классификации лавиноопасных ситуаций, %	Точность численных прогнозов погоды, %	Итоговая точность прогноза лавин, %
Смешанные осадки	94	80	74
Оттепель	92	90	82
Сухие снегопады	97	80	77

Затем экспериментальный метод прогноза был проверен по стандартной методике оценки качества прогнозов Багрова-Обухова. Результа-

ты сравнивались с отчетами о работе снеголавинной станции [5]. Данные приведены в табл. 2. Предлагаемый метод обладает большей общей оправдываемостью прогноза и критерием точности Багрова-Обухова. Но предупреденность опасного явления (ОЯ) ниже, вероятно, сказывается человеческий фактор. Прогнозисты лавинщики часто допускают ошибку страховки, при этом предупреденность ОЯ увеличивается, но общая оправдываемость прогноза падает.

Таблица 2

Оправдываемость нового и старого метода прогноза снежных лавин в районе СЛС Шымбулак

Метод прогноза	Общая оправдываемость прогнозов, %	Предупрежденность опасного явления, %	Критерий Багрова-Обухова, %
Новый метод прогноза лавин	87	62	0,48
Методы прогноза лавин на СЛС «Шымбулак»	79	65	0,35

Для внедрения передовых методов были проведены эксперименты с обучением искусственной нейронной сети (ИНС) при составлении вероятностного прогноза лавин в районе СЛС «Шымбулак». Вначале была создана обучающая выборка – электронные таблицы данных о погоде и сходе снежных лавин. Входные данные – это факторы лавинообразования: высота и водность снежного покрова, количество осадков и прирост высоты снежного покрова. Данные взяты к моменту схода снежных лавин. Если лавин не было, то использовались данные о высоте снежного покрова в срок составления лавинных прогнозов, то есть в 15 ч. Разделение на пять классов опасности проведено по методу экспертной оценки, рекомендованной SLF [24, 28].

Точность классификации уровней лавинной опасности экспериментальной ИНС – 64 %, что близко к результатам заграничных аналогов. Это подтверждает выводы специалистов из SLF – пока экспертные системы на базе ИНС являются вспомогательным инструментом для составления вероятностных прогнозов. Хорошим помощником в оценке лавинной опасности по пятибалльной шкале может стать методическое руководство для инженеров снеголавинной службы. Проект методов оценки уровней лавинной опасности в районе СЛС «Шымбулак» был опубликован в статьях [2, 3]. Это таблицы с характеристиками метеоэлементов, характерных



для присвоения определенной степени лавинной опасности. Обобщенная информация из предлагаемого методического руководства, по вероятностным прогнозам, приведена в табл. 3.

Таблица 3

Краткое описание лавиноопасной ситуации при различных уровнях опасности в районе снеголавинной станции «Шымбулак»

Уровень лавинной опасности	Описание лавиноопасной ситуации
Низкий	Лавинная опасность отсутствует. Ситуация сохраняется в течение большей части зимнего сезона (ноябрь-январь). В малоснежные зимы может отмечаться даже в конце зимы и весной. Снежный покров в пределах 20...30 см на склонах залегает устойчиво.
Умеренный	Умеренный уровень опасности наблюдается в конце зимы и весной в период снеготаяния (февраль-апрель). В этот период сход самопроизвольных лавин маловероятен, но существует опасность провоцирования лавин. Так же периоды умеренной лавинной опасности отмечаются в начале и середине зимы после снегопадов в течение нескольких дней.
Значительный	Значительная лавинная опасность отмечается в начале зимы после сильных снегопадов. Пока еще снега на склонах не достаточно для схода крупных лавин. В это время сходят отдельные лавины из свежеснежного покрова. В период снеготаяния март-апрель в дни со значительным уровнем опасности наблюдается сход отдельных мокрых лавин в периоды оттепели. В среднем в год отмечается 1...2 недели со значительной лавинной опасностью.
Высокий	Высокий уровень лавинной опасности отмечается во время сухих снегопадов зимой и при выпадении сильных осадков весной, когда выпадает 30...40 см снега при сплошном старом снежном покрове. В это время регистрируется массовый сход лавин. В весеннее время осадки часто выпадают на фоне оттепели. Периоды высокой лавинной опасности отмечаются 1...3 раза за лавиноопасный период. Опасность обычно сохраняется в течение 2...3 дней подряд.
Экстремальный	Самый опасный период отмечается при выпадении очень сильных осадков более 40 см. Наблюдается в конце зимы или начале весны, при максимальных снегозапасах на склонах. В это время происходит сход катастрофических лавин, угрожающих людям и объектам. Экстремальный уровень опасности отмечается раз в 5...10 лет в многоснежные зимы и может сохраняться 1...3 дня.

**Выводы.** Метод оценки и прогнозирования лавинной опасности необходим для планирования мероприятий по защите от лавин и предупреждения населения об опасности. Совершенствование существующих моделей прогноза должно идти по нескольким направлениям:

1. машинное обучение и искусственные нейронные сети необходимы для решения задач математической статистики;
2. математические модели прогноза погоды позволяют увеличить заблаговременность лавинных прогнозов;
3. вероятностный прогноз лавин и международная шкала лавинной опасности необходимы для оценки лавинного риска в зависимости от ожидающейся снеголавинной обстановки.

**Благодарности:** автор выражает благодарность сотрудникам СЛС «Шымбулак» за помощь в проверке работоспособности полученного экспериментального метода прогноза.

Статья написана по результатам исследований по проекту «Разработка научно-прикладного обеспечения по созданию автоматизированного мониторинга лавинной опасности на территории г. Алматы для предотвращения несчастных случаев среди населения», финансируемому Департаментом по чрезвычайным ситуациям г. Алматы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Благовещенский В.П., Жданов В.В. Опыт оценки и прогноза лавинной опасности в Швейцарии // Гидрометеорология и экология. – 2019. – № 1. – С. 178-191.
2. Жданов В.В. Возможность применения международной шкалы лавинной опасности в оперативной работе снеголавинной службы Казахстана // Вопросы географии и геоэкологии. – 2014. – № 2. – С.33-37.
3. Жданов В.В. Вероятностный прогноз снежных лавин и международная шкала лавинной опасности // Вопросы географии и геоэкологии. – 2018. – № 4. – С. 3-8.
4. Жданов В.В. О различных методах определения устойчивости снежного покрова // Вопросы географии и геоэкологии. – 2018. – № 2. – С. 86-91.
5. Жданов В.В. Анализ ошибок снеголавинных наблюдений и прогнозов // Вопросы географии и геоэкологии. – 2015. – № 3. – С. 52-55.
6. Жданов В.В. Опыт участия в региональной лавинной конференции на горнолыжной базе Жыргалан (Иссык-кульская область, Кыргызстан) // Вопросы географии и геоэкологии. – 2018. – № 1. – С. 101-105.
7. Жданов В.В. Экспериментальный метод прогноза лавин на основе нейронных сетей // Лед и снег. – 2016. – № 56 (4). – С. 502-510. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2016-4-502-510>.

8. Кондрашов И.В. Прогноз лавин и некоторых характеристик снежности в горах Казахстана. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 72 с.
9. Методические указания по прогнозированию лавин и снеголавинному обеспечению в Казахстане // под ред. Е.И. Колесникова. – Алматы: РГП «Казгидромет», 2003. – 43 с.
10. Наставление по службе прогнозов погоды. – Алматы: РГП «Казгидромет», 2006. – 28 с.
11. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. РД 52.27.724.2019. – Москва, ФБГУ «Гидрометцентр России». – 2019. – 72 с.
12. Наставление по глобальной системе обработки данных и прогнозирования. Дополнение к 4 техническому регламенту ВМО / Бюллетень ВМО № 485. – 2017. – 134 с.
13. Нейронные сети: методология и технологии современного анализа данных / под ред. В.П. Боровикова. – М.: Горячая линия-Телеком, 2008. – 392с.
14. Практическое пособие по прогнозированию лавинной опасности в Казахстане / под ред. Е.И. Колесникова. – Алматы: РГП «Казгидромет», 2005. – 262 с.
15. Руководство по снеголавинным работам (временное). – Л.: Гидрометеоиздат, 1963. – 600 с.
16. Руководство по снеголавинным работам. – Алматы: РГП «Казгидромет», 2006. – 262 с.
17. Рекомендации по предоставлению данных о неопределенности прогнозов / Бюллетень Всемирной метеорологической организации. – PWS 18 WMO/TD, № 1422 – 52 с.
18. Руководящие указания по системам ансамблевого прогнозирования и прогнозированию / Бюллетень ВМО № 1091. P-WDS-12717. – 2012. – 29 с.
19. Сайт Швейцарского федерального института изучения снега и лавин [Электрон. ресурс]. – 2020.– URL:<https://www.slf.ch> (Дата обращения 10.05.2020 г.).
20. Толстых М.А. Шашкин В.В., Фадеев Р.Ю., Шляева А.В., Мизяк В.Г., Рогутов В.С., Богословский Н.Н., Гойман Г.С., Махнорылова С.В., Юрова А.Ю. Система моделирования атмосферы для бесшовного прогноза. – Москва, 2017. – 167 с.
21. Черепанов Ф.М., Ясницкий Л.Н. Исследовательский симулятор нейронных сетей // Искусственный интеллект: философия, методология, инновации: материалы Пятой Всероссийской конференции, Москва, МГТУ МИРЭА, 9-11 ноября 2011 г. – М.: Радио и Связь, 2011. – С. 137-139.

22. Черепанов Ф.М. Исследовательский симулятор нейронных сетей, обзор его приложений и возможности применения для создания системы диагностики заболеваний сердечнососудистой системы // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1. [Электрон. ресурс]. – 2013.– URL: [www.science-education.ru/107-8392](http://www.science-education.ru/107-8392).
23. Avalanche Bulletin Interpretation Guide WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF. 16th revised edition. WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF. 50 pages. [Электрон. ресурс]. Jürg Schweizer. On using local avalanche danger level estimates for regional forecast verification / (Режим доступа). [Электрон. ресурс]. – URL://<https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2017.07.012> .
24. European Avalanche Danger Scale (link) [Электрон. ресурс].– 2019. – URL:[http://www.avalanches.org/eaws/en/main\\_layer.php?layer=basics&id=2](http://www.avalanches.org/eaws/en/main_layer.php?layer=basics&id=2) (Дата обращения 01.02.2019 г.).
25. Observation Guidelines and Recording Standards for Weather, Snowpack and Avalanches. – Canadian Avalanche Association, 2014. –109 p.
26. Jamieson J.B. and Schweizer J. Using a checklist to assess manual snow profiles // Avalanche News, 72. – 2005. – P. 57-61.
27. Jürg Schweizer. On using local avalanche danger level estimates for regional forecast verification / (Режим доступа). [Электрон. ресурс].– URL://<https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2017.07.012>
28. SNOW, WEATHER, AND AVALANCHES: Observation Guidelines for Avalanche Programs in the United States. American Avalanche Association, 2016. – 104 p.
29. Stucki T / SLF-Beobachterhandbuch. – 2016. – 60 p.
30. Schweizer J. The Rutschblock test – Procedure and application in Switzerland / The Avalanche Review, 2002. –V. 20, – P. 14-15.
31. Schweizer J., and Jamieson J. B. Snowpack tests for assessing snow-slope instability // Ann. Glaciol., 2010. – V. 51. – P. 187-194.
32. Schweizer J., Kronholm K., Wiesinger T. Verification of regional snowpack stability and avalanche danger // Cold Regions Science and Technology, 2003. – V. 37(3). – P. 277-288.
33. Schweizer J., Jamieson J.B., Skjonsberg D. Avalanche Forecasting for Transportation Corridor and Backcountry in Glacier National Park (BC, Canada). – Oslo, NGI, Pub. – N. 203. – 1998. – P. 238-244.

34. Stephens J., Adams E., Huo X., Dent J., Hicks J., McCarty D. Use of neural networks in avalanche hazard forecasting. ISSW'98. URL: <http://www.issw.noaa.gov/hourly%20agenda.htm>.
35. Winkler K., Kuhn T. Fully automatic multi-language translation with a catalogue of phrases – successful employment for the Swiss avalanche bulletin. Lang. Resour. Eval. online first, 2015. – 23 p. [Электрон. ресурс]. URL: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1509/1509.06937.pdf> (Дата обращения 01.02.2019 г.).
36. Winkler K., Techel F. Users' Rating of the Swiss Avalanche Forecast / In: Proceedings ISSW, Banff, Alberta, Canada, 2014. [Электрон. ресурс]. [http://www.slf.ch/info/mitarbeitende/techel/download/winkler\\_techel\\_2014.pdf](http://www.slf.ch/info/mitarbeitende/techel/download/winkler_techel_2014.pdf) (Дата обращения 01.02.2019 г.).
37. URL: <http://www.LbAI.ru> (Пермская школа искусственного интеллекта).
38. URL: <http://www.windy.com> (Прогностические карты погоды для всего мира, результат численных моделей прогноза).

Поступила 03.06.2020

Техника. ғылымд. канд.

В.В. Жданов

### **ДАМУ КОНЦЕПЦИЯСЫ БОЛЖАМДАР ҚАР КӨШКІНІ ҚАУШ (МЫСАЛЫ, БОЛЖАМДАР АУДАНЫНДА ҚКС «ШЫМБҰЛАҚ»)**

**Түйін сөздер:** жасанды нейрондық желілер, қар көшкіні жүру қаупі, машиналық оқыту, бағалау, болжам, қар көшкіні, қар көшкіні факторлар

*Бабында келтірілген қысқаша шолу қазіргі заманғы әдістерін бағалау және болжау көшкін қаупі. Бөлінген перспективалық дамыту бағыттары қар көшкіні болжамдарды пайдалану, жасанды нейронды желілер, сандық модельдерін ауарайын болжау және ауысу ықтималдық нысанды болжау. Сипаттамасы келтіріледі эксперименттік әдісін бағалау және болжау көшкін қаупі. Сынақ нәтижелері жаңа әдісті болжам қар көшкіні станциялары "Шымбұлақ" көрсетті жалпы болжамының расталуы 87 %. Жасанды нейрон желісі қабілетті деңгейін бағалауға көшкін қаупі 64 % жағдайда. Бұл перспективалық жаңа әдістерін енгізу, бағалау және болжау көшкін қаупі практикалық жұмыста қар көшкіні қызметі.*

**MODERN CONCEPT OF DEVELOPMENT OF FORECASTS OF AVALANCHE DANGER (ON THE EXAMPLE OF FORECASTS IN THE AREA OF AVALANCHE STATION “SHYMBULAK”)**

**Keywords:** artificial neural networks, avalanche danger, machine learning, assessment, forecast, avalanches, avalanche factors.

*The article provides a brief overview of modern methods for assessing and forecasting avalanche danger. Promising areas in the development of snow-avalanche forecasts are identified: the use of artificial neural networks, numerical models of weather forecasts and the transition to probabilistic forecast forms. A description is given of an experimental method for assessing and predicting avalanche danger. The test results of the new forecasting method at the “Shymbulak” snow-avalanche station showed a total justification of 87 %. An artificial neural network is able to estimate the level of avalanche danger in 64 % of cases. This makes it promising to introduce new methods for assessing and predicting avalanche danger in the practical work of the snow-avalanche service of Kazakhstan.*

УДК 551.582;551.583

Канд. техн. наук

Канд. физ.-мат. наук

Канд. географ. наук

Доктор PhD

Доктор PhD

Н.Р. Юничева<sup>1</sup>Д.Б. Нурсеитов<sup>2</sup>И.Б. Есеркепова<sup>1</sup>К.А. Бостанбеков<sup>2</sup>А.Н. Алимова<sup>2</sup>

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРЕДПРОЦЕССИНГОВОЙ ОБРАБОТКИ  
ДАННЫХ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ  
ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ РЕГИОНАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ  
МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПЕРВОГО ПРИОРИТЕТНОГО ПЕРИОДА  
ПРОГРАММЫ CORDEX**

**Ключевые слова:** климат, изменение климата, парниковые газы, климатические модели, автоматизация

*В работе представлен созданный архив данных, полученных при реализации ГКМ (глобальные климатические модели) из списка проекта ПССМ5, одним из преимуществ которого является включение в его программу серии специальных экспериментов по моделированию, основанных на заданных потоках радиационной концентрации (ПРК). Созданный архив необходим для проведения исследований, для улучшения знаний об изменении климата Земли в рамках международного проекта «Эксперимент по скоординированному региональному даунскейлингу климата (CORDEX)», в котором РКМ сопряжены с несколькими ГКМ из списка ПССМ5.*

**Введение.** Необходимость исследований изменчивости и изменения климата обусловлена зависимостью от них многих жизненных показателей человечества, таких, например, как здоровье, безопасность жизнедеятельности, благополучие. Во всем мире был создан ряд программ и проектов, отвечающих за реализацию этих исследований. Осознавая растущую озабоченность в связи с опасностью необратимых изменений, происходящих в природной среде, Всемирная метеорологическая

---

<sup>1</sup> Институт информационных и вычислительных технологий МОН РК, Казахстан

<sup>2</sup> Казахский Национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

организация (ВМО) взяла на себя ведущую роль в проведении исследований изменений климатической системы и ее влияния на человечество, мировую энергетику и производство продовольствия, а также запасы воды [1]. Все работы в области климата основаны, в первую очередь, на наблюдениях за, так называемыми, климатическими индикаторами, выбор которых зависит от различных факторов. Сбор данных наблюдений является процессом со своими особенностями и сложностями, связанными, например, с мощностью и локацией оборудования, экономическими затратами и т.д. Но не менее важную часть исследования составляют непрерывная обработка и архивация этих данных, которые являются исходными или входными для климатических моделей. Последние широко используются для исследований изменений климата под воздействием антропогенных и природных факторов. Глобальные климатические модели (ГКМ) предназначены в основном для представления климатических процессов в глобальном масштабе и используются при составлении климатических сценариев. Климатический сценарий описывает вероятный будущий климат, смоделированный для изучения возможных последствий изменения климата в результате деятельности человека, но он также должен отображать будущие условия, которые объясняются природной изменчивостью климата. Доклады Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) являются соответствующим источником информации о будущих климатических сценариях во временных масштабах от нескольких десятилетий до столетия [1]. ГКМ обеспечивают необходимые способы изучения изменчивости и изменения климата в прошлом, настоящем и будущем.

В результате пятого этапа Проекта сравнений связанных моделей (ПССМ5), утвержденные ГКМ рассматриваются в качестве целесообразного средства для обеспечения полезных проекций будущего климата. А именно, Пятый оценочный доклад МГЭИК (ОД5) содержит проекции, основанные на ряде возможных значений радиационного вынуждающего воздействия в 2100 году по отношению к доиндустриальным значениям (+2,6; +4,5; +6.0 и +8,5 Вт/м<sup>2</sup>) [5]. Эти потоки называются потоками радиационной концентрации (ПРК 2.6, 4.5, 6 и 8.5). Использование ПРК как входных данных в модели климата является новейшим подходом к получению описаний возможных перспективных оценок будущего климата. Так как ГКМ не могут



обеспечивать напрямую информацию для масштабов, которые меньше, чем их собственное разрешение, то были разработаны региональные климатические модели (РКМ), имеющие более высокое разрешение для ограниченного пространства. Поскольку РКМ управляются, главным образом, ГKM, надлежащее функционирование ГKM имеет первостепенную важность для моделирования в меньшем масштабе.

**Создание архива данных ГKM из списка ПССM5.** В работе описывается создание архива данных, полученных при реализации ГKM из списка проекта ПССM5, одним из преимуществ которого является включение в его программу серии специальных экспериментов по моделированию, основанных на заданных потоках радиационной концентрации (ПРК). Созданный архив необходим для проведения исследований для улучшения знаний об изменении климата Земли в рамках международного проекта «Эксперимент по скоординированному региональному даунскейлингу климата (CORDEX)», в котором РКМ сопряжены с несколькими ГKM из списка ПССM5.

Использование стандартного набора симуляций моделей в ПССM5 позволяет оценить их реалистичность при моделировании недалекого прошлого, а также предоставить прогнозы будущего изменения климата в двух временных масштабах: ближайшем (до 2035 года) и долгосрочном (до 2100 года и далее). Более того, ПССM5 поддерживает стандартный набор симуляций моделей и для того, чтобы обозначить некоторые факторы, ответственные за различия в модельных проекциях, включая количественную оценку некоторых ключевых обратных связей, которые связаны с облаками и углеродным циклом.

На четвертом этапе оценок Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК4) рассматривались сценарии выбросов парниковых газов. На пятом этапе (МГЭИК5) предлагается использование заданных (исходных) потоков радиационной концентрации (ПРК). В качестве источника данных выступают различные уровни стабилизации радиационного воздействия до 2100 г. Заметим, что предложенные исходные ПРК не обеспечивают полную интегрированность сценариев проекта ПССM5. Тем не менее они позволяют исследовать актуальные вопросы социально-экономического, климатического и экологического будущего: моделирование климата, масштабирование моделей и химическое моделирование атмосферы.

Как известно [5], независимые группы разработали четыре различных способа моделирования климата: ПРК 2.5, ПРК 4.5, ПРК 6 и ПРК 8.5, которые соответствуют сценариям с соответствующими уровнями стабилизации 2.5, 4.5, 6.0 и 8.5 ppm, приведенными на рисунке 1. Наивысший приоритет согласно ПССМ5 имеют уровни ПРК 4.5 и ПРК 8.5.

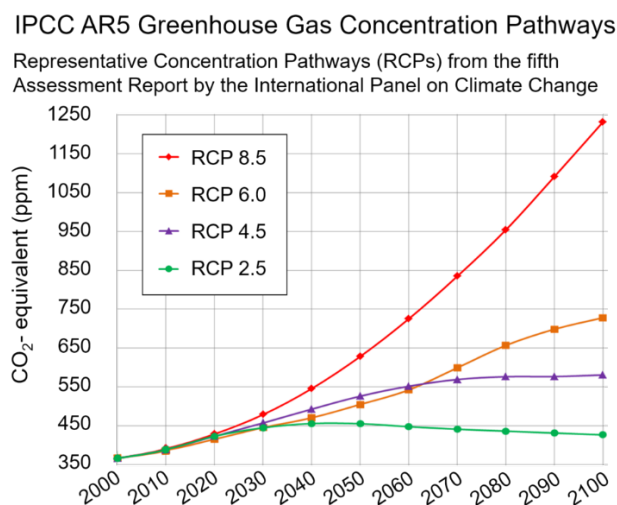


Рис. 1. Траектория концентрации парниковых газов Пятого оценочного доклада МГЭИК [3].

Глобальная служба предоставляет индикаторы воздействия на климат (СИ) с пространственным и временным разрешением, отличным от современной производственной цепочки, начиная с результатов ГКМ, за которыми следуют масштабирование и корректировка смещения, до воздействия на моделирование и расчетов индикаторов. В течение 2017 года ВМО совместно с партнерскими организациями, включая организации, участвующие в Глобальной системе наблюдения за климатом (ГСНК) и Всемирной программе исследования климата (ВПИК), приступила к подготовке окончательного списка «ключевых» индикаторов, позволяющих отследить изменения в системе физического климата. Для отражения глобального изменения климата мировым научным сообществом были выделены следующие «ключевые» индикаторы: глобальная среднегодовая приземная температура, содержание тепла в океане, концентрация двуокиси углерода в атмосфере, глобальный средний уровень моря, изменения протяженности или массы криосферы, глобальные осадки [2].

Первоначальным источником данных глобальной климатической модели является проект сравнения климатических моделей (ПССМ5) МГЭИК, использующий 19 моделей общей циркуляции с разрешением 2 градуса (табл. 1), которые доступны в хранилище климатических данных C3S [3].

Таблица 1

Глобальные климатические модели, используемые для получения индикаторов воздействия на климат

Институт	Наименование ГKM	Сценарий	Разрешение:	
			широта	долгота
CSIRO-BOM	ACCESS1-0	historical, rcp45, rcp85	1,25	1,875
CSIRO-BOM	ACCESS1-3	historical, rcp45, rcp85	1,25	1,875
BNU	BNU-ESM	historical, rcp45, rcp85	2,7906	2,8125
IPSL	IPSL-CM5A-MR	historical, rcp45, rcp85	1,2676	2,5
IPSL	IPSL-CM5A-LR	historical, rcp45, rcp85	1,8947	3,75
IPSL	IPSL-CM5B-LR	historical, rcp45, rcp85	1,8947	3,75
MPI-M	MPI-ESM-MR	historical, rcp45, rcp85	1,8653	1,875
MPI-M	MPI-ESM-LR	historical, rcp45, rcp85	1,8653	1,875
MOHC	HadGEM2-ES	historical, rcp45, rcp85	1,25	1,875
MOHC	HadGEM2-CC	historical, rcp45, rcp85	1,25	1,875
NCC	NorESM1-M	historical, rcp45, rcp85	1,8947	2,5
NOAA-GFDL	GFDL-ESM2G	historical, rcp45, rcp85	2,0225	2,5
GFDL-ESM2M	GFDL-ESM2M	historical, rcp45, rcp85	2,0225	2,5
NOAA-GFDL	GFDL-CM3	historical, rcp45, rcp85	2	2,5
CNRM-CERFACS	CNRM-CM5	historical, rcp45, rcp85	1,4008	1,40625
INM	INM-CM4	historical, rcp45, rcp85	1,5	2
BCC	BCC-CSM1.1	historical, rcp45, rcp85	2,7906	2,8125
BCC	BCC-CSM1.1(m)	historical, rcp45, rcp85	2,7906	2,8125
ICHEC	EC-EARTH	historical, rcp45, rcp85	1,1215	1,1215

В оптимальном случае, все региональные модельные эксперименты CORDEX должны охватывать период 1951...2100 гг. для того, чтобы включить последний исторический период и весь XXI век. Для многих исследовательских групп расчеты при моделировании CORDEX для всего вышеуказанного периода могут оказаться слишком трудоемкими. Поэтому целесообразно разделить период 1951...2100 гг. на пять 30-летних временных отрезков, причем порядок приоритетности, следующий: 1981...2010 гг., 2041...2070 гг., 2011...2040 гг., 2071...2100 гг. и 1951...1980 гг. Первый период (1981...2010 гг.) является исходным для оценки модели и расчета изменения климата. Второй временной отрезок, охватывающий будущий период, был выбран как компромисс между потребностями сообщества, с точки зрения будущего периода времени, и

потребностями в получении четкого сигнала изменения. Все участвующие группы должны, как минимум, выполнить расчеты для этих двух временных отрезков, чтобы иметь приемлемый ряд модельных экспериментов для анализа и взаимного сравнения.

Ключевым аспектом программы CORDEX является наличие высокопроизводительных вычислительных средств и управление большим количеством требуемых входных данных моделей, а также выходная продукция моделей и взаимное сравнения. Результаты моделирования необходимо хранить так, чтобы они были легко доступными для конечных пользователей. Также требуется стандартизация форматов (в соответствии с нормативами формата ПССМ5).

**Заключение.** Таким образом в нашем исследовании сформирован архив данных из 19 глобальных моделей климата (ПССМ5), указанных в таблице 1, по трем сценариям: историческому, ПРК 4.5 и ПРК 8.5. В качестве источника для скачивания данных выбран домен «Центральная Азия», имеющий официальное обозначение CORDEX. Для проведения эксперимента используются три индикатора: минимальная температура, максимальная температура и осадки. Сервис для скачивания предоставляет ежесуточные данные по указанным параметрам для следующих периодов: исторические с 1950 по 2005 гг., ПРК 4.5 и ПРК 8.5 с 2006 по 2100 гг. На рисунках 2...3 представлены изменения средней температуры, являющийся основным индикатором воздействия на климат, по сценариям ПРК 4.5 и ПРК 8.5 для периода 2071...2100 гг. с пространственным разрешением 2 градуса из ансамбля глобальных моделей климата. Как видно из данных на рисунках, для Центральной Азии повышение температуры наблюдается от 2 °С до 4 °С по сценарию ПРК 4.5, и от 4 °С до 7 °С по сценарию ПРК 8.5. Наибольшие изменения температуры прогнозируются на территории Арктики.

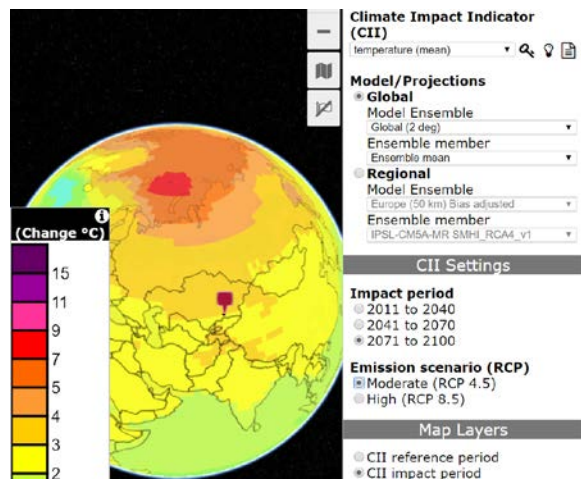


Рис. 2. Индикатор воздействия на климат (CII). Средняя температура по сценарию RCP 4.5 для периода 2071...2100 гг.

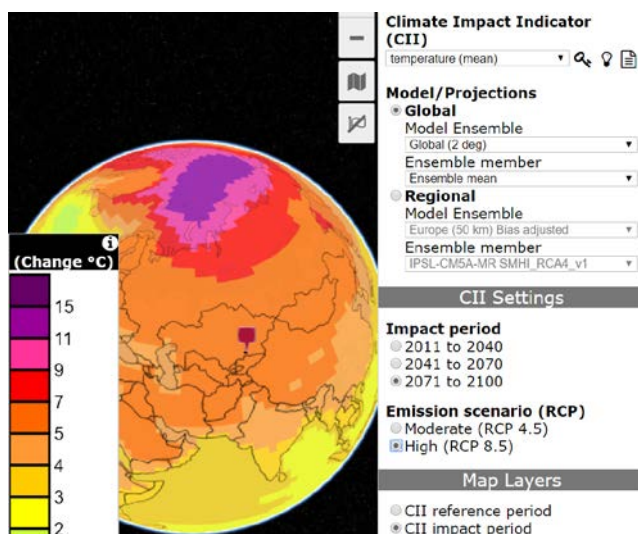


Рис. 3. Индикатор воздействия на климат (CII). Средняя температура по сценарию RCP 8.5 для периода 2071...2100 гг.

Для дальнейшего сравнения и анализа данных с результатами расчета, полученные данные были усреднены по месяцам с помощью разработанного членами исследовательской группы скрипта, написанного на языке Python. В результате был сформирован архив данных глобальных моделей климата из списка ПССМ5 для использования в исследовании в рамках проекта CORDEX для первого приоритетного периода.

Данная работа выполнена при поддержке грантового финансирования научных проектов КН МОН РК №АР05135848 «Моделирование будущего климата Центральной Азии в рамках международного проекта CORDEX (Coordinated Regional climate Downscaling Experiment)».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по климатологической практике. – Изд. ВМО-№100, 2018 г. – С. 182.
2. Climate Change 2013: The Physical Science Basis [Электронный ресурс] / Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)] – Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013 –. – Режим доступа: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5\\_SummaryVolume\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL.pdf)
3. Climate Now by Copernicus / Climate Change Service – 20192013 – [Электрон. ресурс]: <https://climate.copernicus.eu/>
4. File:All forcing agents CO2 equivalent concentration.png [Электронный ресурс] / From Wikipedia, the free encyclopedia – 2011 –. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=File:All\\_forcing\\_agents\\_CO2\\_equivalent\\_concentration.png](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=File:All_forcing_agents_CO2_equivalent_concentration.png)
5. Williams M., Eggleston S. Using indicators to explain our changing climate to policymakers and the public. – World Meteorological Organization Bulletin. – 2017. – № 66 (2). – P. 33-39.

Поступила 04.06.2020

Канд. техн. наук	Н.Р. Юничева
Канд. физ.-мат. наук	Д.Б. Нурсеитов
Канд. географ. наук	И.Б. Есеркепова
Доктор PhD	К.А. Бостанбеков
Доктор PhD	А.Н. Алимова

**CORDEX БАҒДАРЛАМАСЫНЫҢ БІРІНШІ ПРИОРИТЕТТІК  
АРАЛЫҒЫ ҮШІН АЙМАҚТЫҚ КЛИМАТТЫҚ МОДЕЛЬДЕРДЕ  
ЕСЕПТЕУГЕ ЖАҒАНДЫҚ КЛИМАТТЫҚ МОДЕЛЬДЕРДІҢ  
МӘЛІМЕТТЕРІН ӨНДЕУДІ АВТОМАТТАНДЫРУ**

**Түйінді сөздер:** климат, климаттың өзгеруі, көшеттік газдар, климаттық моделдер, автоматтандыру

*Аңдатпа. Бұл жұмыста CMIP5 жобалық тізімінен ЖКМ (жаһандық климаттық модельдер) іске асыру кезінде алынған мәліметтерден құрылған мұрағат ұсынылған, оның артықшылықтарының бірі берілген бағдарламаларға радиациялық концентрация ағындарының (RCP) негізінде арнайы модельдеу эксперименттерінің сериясына ену болып табылады. Құрылған мұрағат АКМ (аймақтық климаттық модельдер) CMIP5 тізіміндегі бірнеше ЖКМ-мен байланыстырылған «Климатты келісілген аймақтық даунскейлинг жасау бойынша эксперимент (CORDEX)» халықаралық жобасының аясында Жердің климатының өзгеруі туралы білімді жақсарту үшін қажет.*

N.R. Yunicheva, D.B. Nurseitov, I.B. Yesserkepova, K.A.  
Bostanbekov, A.N. Alimova

#### **AUTOMATION OF PRE-PROCESSING DATA OF GLOBAL CLIMATE MODELS FOR THE CALCULATION OF REGIONAL CLIMATE MODELS FOR THE FIRST PRIORITY PERIOD OF THE CORDEX PROGRAM**

**Keywords:** climate, climate change, greenhouse gases, climate models, automation

*The paper presents the created archive of data obtained during the implementation of GCM (global climate models) from the CMIP5 project list, one of the advantages of which is the inclusion in its program of a series of special modeling experiments based on given radiation concentration fluxes (RCP). The created archive is necessary for research to improve knowledge of Earth's climate change within the framework of the international project "Experiment on Coordinated Regional Downscaling of the Climate (CORDEX)", in which RCMs are coupled with several GCMs from the CMIP5 list.*

Геогр.ғылым.канд., доцент  
Геогр. ғылым.канд.

М.М. Молдахметов<sup>1</sup>  
А.К.Мусина<sup>2</sup>  
Ж.У.Бексултанова<sup>2</sup>  
Д.Р.Сыдыков<sup>2</sup>

### ТОБЫЛ АЛАБЫ ӨЗЕНДЕРІНІҢ КӨПЖЫЛДЫҚ АҒЫНДЫСЫН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ

**Түйін сөздер:** көпжылдық ағынды, бақылау қатары, бақылау ұзақтығы, репрезентативті кезең, байланыс графигі, корреляция коэффициенті, орташа квадраттық қателік

*Мақалада Тобыл алабы өзендерінің қалыптасу жылдық ағындысы бойынша мәліметтер жинақталып, гидрологиялық бақылау қатарлары негізгі тірек-бекеттер бойынша тұрғызылған айырымдық интеграл қисықтары негізінде анықталған есептік кезең бойынша көпжылдық кезеңге келтірілді. Алап өзендерінің жылдық ағындысын қалпына келтіру қателіктері есептеліп, оның нормативті құжаттарда берілген шектерге сәйкестігі анықталды. Сондай-ақ алап өзендерінің бақыланған және көпжылдық кезеңдерге келтірілген ағынды параметрлерінің дәлдіктері бағаланып, салыстырылды.*

**Кіріспе.** Тобыл өзені Кар теңіз алабына жатады. Өзен Қазақстанның солтүстігіндегі Қостанай облысы аумағымен ағып өтеді. Климаты континенталды. Қарастырылып отырған аймақтың жер бедері өте күрделі. Солтүстік пен оңтүстікте табиғи биік кедергілердің болмауы салдарынан оның территориясы Қазақстан мен Орта Азияның шөлдерінен жылы құрғақ субтропикалық ауа массалары мен суық, ылғалы аз, меридиандық бағытта қозғалатын арктикалық ауа массаларының орын ауыстыруына қолайлы[20].

Тобыл өзені облыстың үлкен су шаруашылық маңызы бар басты су артериясы. Оның негізгі салалары – Үй, Обаған, Аят, Тоғызақ өзендері. Тобыл өзені алабы тың және тыңайған жерлерді игерудің нәтижесінде республикадағы сан-салалы ауыл шаруашылық дамыған басты астықты

<sup>1</sup>Тараз инновациялық-гуманитарлық университеті, Тараз, Қазақстан

<sup>2</sup>әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан



өңірге айналды. Қойнауынан темір кентасы, көмір, асбест қорлары табылды. Осы өзен бойында орналасқан қалалар мен шаруашылық нысандарын сумен қамтамасыз ету үшін көпжылдық ағынды жөніндегі мәліметтердің толық, әрі нақты болуы кез келген су-шаруашылық есептеулердің дұрыс, әрі дәлдігінің жоғары болуына мүмкіндік береді.

**Бастапқы мәліметтер.** Тобыл өзені алабындағы көпжылдық ағынды мәндерін қалпына келтіру кезінде «Қазгидромет» РМК стационарлық желісіне қарасты осы алап шегінде орналасқан гидрологиялық бекеттер бойынша бақылау жұмыстары жүргізілгеннен бастап 2015 жылға дейінгі орташа жылдық су өтімдері жөніндегі мәліметтер алынды [3...22].

**Есептеу әдістемесі мен нәтижелері.** Ең алғашқы су өтімдерін жүйелі өлшеу жұмыстары Тобыл өзені алабында 1911 жылдан басталған, бірақ алынған мәліметтер Тобыл өзенінің Қорған қ. тұстамасына тиесілі. Ал Қазақстан шегіндегі ең алғашқы аспаптық бақылаулар 1931 жылдан бастап Тоғызақ өзеніндегі Тоғызақ станциясы тұсында жүргізіле бастады, ал 1938 жылы Тобыл өзені Қостанай қ. тұстамасында су өтімін өлшеу жұмыстары жүргізілді [20]. 1950 жылға дейін Тобыл өзені алабындағы бекеттердің саны 11-ге дейін өсті. 1975 жылға дейін өзен алабындағы бекеттер саны артқанымен, кейінірек қоғамда орын алған саяси, экономикалық жағдайларға байланысты бекеттердің басым бөлігі жабылып қалды. Қазіргі кезде алап шегінде 3 бекеттебақылау жұмысы жүргізіледі. Тобыл өзені алабындаорналасқан бекеттердіңкөбінде бақылау қатарының ұзақтығы 5 жылдан аспайды, және олардың басым бөлігі XX ғасырдың 50...60 жж. жұмыс жасаған.

Қарастырылып отырған Тобыл өзені алабы бойынша гидрологиялық бақылау қатарларының ұзақтығы әрқалай [3...22], 50 жылдан асатын мәліметтер қатары Тобыл өзені бойындағы Қостанай және Гришенка тұстамаларына және Тоғызақ өз. – Тоғызақ ст. тұстамасына тиесілі. Алаптағы бақылау бекеттерінің 33 %-ның бақылау қатары 5 жылдан кем, 18 бекеттің ағынды қатары 10 жылдан аспайды, 20 бекеттегі мәліметтер қатарының ұзақтығы 11 жыл мен 50 жыл аралығын қамтиды. Сонымен қатар Тобыл өзені алабындағы бақылау бекеттерінің ашылу және жабылу уақыттарының да, алап бойынша орналасуының да әртүрлі екендігін айта кеткен жөн.

Бақылау қатары ұзақтығының әртүрлі болуы, сондай-ақ оның қысқалығы ағынды қатарын көпжылдық репрезентативті бақылау кезеңіне

келтіру қажеттігін айқындайды және ол, өз кезегінде есептік гидрологиялық сипаттамаларды анықтауда, ағындының көпжылдық тербелістерін айқындауда үлкен маңызға ие.

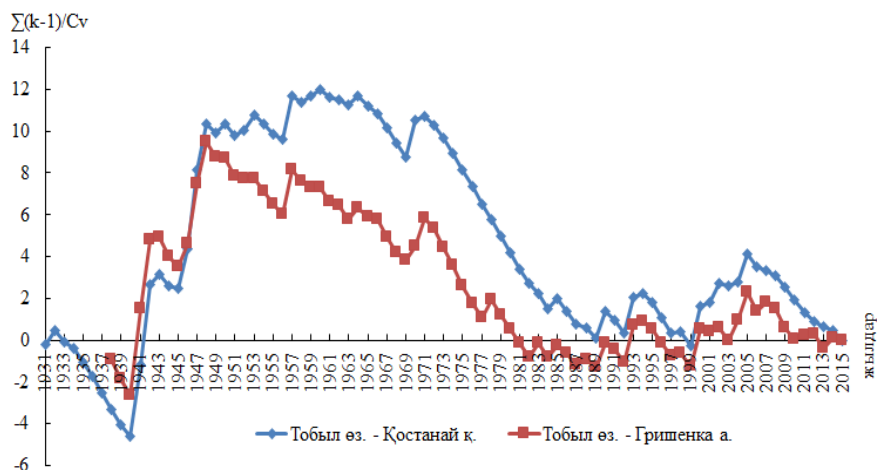
Бақылау қатары жеткіліксіз болған жағдайда ағынды қатарын қалпына келтіру үшін гидрологиялық есептеулер барысында бірнеше әдістер қолданылады. Соның үшінде кеңінен қолданылатыны аналог-өзен әдісі. Гидрологиялық есептеулерді жүргізудің бас құжатында [24] гидрометриялық бақылау деректерінің жеткіліксіздігі жағдайында гидрологиялық сипаттамалардың ықтималдық үлестірім қисықтарының параметрлерін, сондай-ақ есептік гидрографтың негізгі элементтерін аналог-бекеттегі бақылау мәліметтерін негізге ала отырып көпжылдық кезеңге келтіру ұсынылады. Қарастырылып отырған гидрологиялық сипаттаманы, біздің жағдайымызда көпжылдық орташа ағындыны қалпына келтіру барысында есептік шаманың орташа квадраттық қателігі 10 % аспау керек.

Аналог-өзен таңдау кезінде бірқатар талаптар қанағаттандырылуы керек. Ағындысы қалпына келтірілетін өзен мен аналог-өзен ағындыларының қалыптасу шарттарының ұқсастығы, географиялық тұрғыдан бір-біріне жақын орналуы, олардың су жинау алаптарының физикалық-географиялық жағдайының біркелкілігі, су жинау алаптарының орташа биіктіктерінде айтарлықтай айырмашылықтың болмауы, сондай-ақ ағындының табиғи сипатына нұқсан келтіретін факторлардың болмауы [24] есептеу нәтижелеріне оң әсерін тигізетіні анық.

Бақылау қатарының репрезентативтілігін таңдаудың барынша объективті тәсілі ретінде айырымдық интеграл қисықтары ұсынылады [2]. Айырымдық интеграл қисықтары гидрологиялық сипаттамалардың негізінен климаттық факторларға байланысты орын алатын уақыттық оралымдық тербелістерін (цикл) көрсетуге мүмкіндік береді. Бақылау қатары кем дегенде тербелістің бір толық оралымын қамтуы керек. Ал қалыпты жылдық ағындыны есептеу кезінде 2...4 оралымды қамтитын бақылау қатары репрезентативті болып саналады [2]. Қатардың репрезентативтілігіне қойылатын нақты бір талап жоқ, [1] еңбекте репрезентативтілікті анықтаудың бірнеше тәсілдері мен жолдары сарапталған. Мысалы, табиғи объектілер мен құбылыстардың кеңістіктік-уақыттық құрылымын зерттеу үшін бақылау қатары ұзақтығының шектелген жағдайында 30...35 жыл аралығын репрезентативті деп тануға

болатындығын және оның климат элементтері тербелістерінің ғасыршілік оралымдығының орташа ұзақтығына сәйкес келетіндігі жазылған. Сонымен қатар, репрезентивті қатар ретінде таңдалған аралық күн белсенділігі графигінің бір «тармағын» толықтай қамтуы керектігіне де мән берілген. Сондай-ақ мұндай кезде зерттелетін ауданға барынша тән болып келетін атмосфералық циркуляция формасының біреуіне сәйкес келуі керек. Есептік кезең міндетті түрде сулылықтың толық кезеңін қамтуы шарт.

Гидрологиялық қатардың репрезентивтілігі қатардың орташа мәнінің орташа квадраттық қателігі арқылы анықталады, яғни қалыпты ағындыдан қаншалықты ауытқитындығын көрсетеді. Сонымен репрезентивтілік бақылау қатарының ұзақтығына, вариация (өзгергіштік) коэффициентіне және қатардың байланыс тығыздығына тікелей тәуелді. Қарастырылып отырған аудандағы барынша бақылау қатары ұзақ Тобыл өз. – Қостанай қ. және Тобыл өз. – Гришенка а. бекеттерінің мәліметтері бойынша тұрғызылған айырымдық интеграл қисықтарының негізінде сулылықтың толық оралымдылығын қамтыған кезең ретінде 1940...2015 жж. аралығы алынды және ол 76 жылды құрайды.



*Сур. Тобыл өзені алабындағы негізгі тірек-бекеттер бойынша тұрғызылған айырымдық интеграл қисығы.*

Суреттегі тірек-бекеттер бойынша айтарлықтай ұзақ қатарлар болғанымен, олар үздіксіз емес. Аналог өзенді дұрыс таңдаудың объективті критерийі корреляция коэффициентімен (жұп немесе көптік) және  $r \geq 0,70$  және  $K/\sigma_k \geq 2$  жағдайындағы регрессия коэффициентінің

орташа квадраттық қателікке қатынасы  $K/\sigma_k$  арқылы сипатталатын ағынды шамаларының белгілі бір уақыт аралығында бірдей жылдарға жүргізілген бақылау мәліметтері арасындағы барынша тығыз байланыстың [2] болуымен түсіндіріледі. Аналог ретінде жоғарыда келтірілген талаптарға сай бір немесе бірнеше бақылау бекеттері қабылдануы мүмкін және де аналог таңдау көп жағдайда үлкен қиындықтар туындатады.

Тобыл өзені алабындағы үлкен су шаруашылық маңызы бар негізгі су артериясы болып саналатын Тобыл өзенінде су өтімдері жөніндегі бақылау мәліметтері 5 бекет бойынша жинақталды. Тобыл өзенінің жылдық ағындысын қалпына келтіру үшін нормативті құжаттарда қойылған талаптарға сай келетін аналог ретінде тыңғылықты статистикалық талдау негізінде көршілес ауданда орналасқан Сакмара өз. – Каргала пос. тұстамасының толық, әрі әлсіз бұзылған (слабоискаженный) бақылау қатары таңдалды.

Тобыл өз. – Қостанай қ. тұстамасындағы жылдық ағынды қатары мен Сакмара өз. – Каргала пос. тұстамасы жылдық ағынды қатарының арасындағы байланыс тығыздығы  $r=0,76$  құрады. Алап бойынша соңғы жылдарда бақылау жүргізіліп жатқан 10 гидрологиялық бекет бойынша ағындыны қалпына келтіру нәтижелері 1-кесте кестеде келтірілген.

1-кестеден көріп отырғанымыздай, Тобыл алабы өзендерінің жылдық ағындысын есептік кезеңге келтіру корреляция коэффициенттері 0,70...0,91 аралығын қамтитын тығыз байланыс негізінде жүзеге асырылды.

Аналог өзен мәліметтері арқылы қалпына келтірілген қатарлардың қателіктері есептелді. Жалпы орташа салыстырмалы қателік алап бойынша  $\delta= 11,3\%$ -ға тең болды, қатар қателігінің ең жоғары мәні 15,9% - Қамысты Аят өз.- Свердловка а. тұстамасында, ең төменгі мәні Үй өз.-Үй а. ағынды қатарына тән және ол 7,7% құрады.

Зерттелетін өзен мен аналог-өзен су өтімдерінің арасындағы корреляциялық тәуелділікті анықтау кезінде мүмкіндігінше өзеннің табиғи режиміне нұқсан келтіретін антропогендік факторлардың болмауы ескерілді. Сондықтан да көптеген жағдайда регрессиялық талдауға алынған бір уақыттық бақылау жылдарының саны жалпы жүргізілген бақылау жылдарының санынан айтарлықтай аз.

Регрессия теңдеуін өзеннің табиғи режимінің бұзылу дәрежесін ескере отырып өрнектеу көптеген жағдайда зерттелетін өзен мен аналог өзен ағындысы арасындағы тығыз байланысты айқындауға мүмкіндік

берді. Сондай-ақ, жекелеген жағдайларда жылдық ағындыны қалпына келтіру барысында аналог өзеннің есептік кезеңдегі ұзын бақылау қатарының болмағандығынан, аналог өзеннің қалпына келтірілген мәндері алынды.

Кесте 1

Тобыл алабы өзендерінің орташа жылдық ағындысына жүргізілген бақылау қатарын қалпына келтіру жөніндегі мәліметтері

Өзен-тұстама	Аналог-өзен	Бақылау жүргізілген жылдар	Регрессия теңдеуі	R	Қалпына келтірілген жылдар	δ, %
Тобыл өз.– Аққарға а. (Дзержинского)	Тобыл өз. – Қостанай қ.	1959...67, 1969, 1974...76, 1978...91, 2003...15	$y=0,15x+0,008$	0,91	1940...60, 1963...65, 1967, 1968, 1970...73, 1977, 1978, 1981...86, 1988, 1990...2002, 2004, 2006, 2009, 2011, 2013	13,7
Тобыл өз.– Гришенка а.	Тобыл өз. – Қостанай қ.	1937...97, 1999...2015	$y=0,39x+3,19$	0,74	1965, 1977, 1979...82, 1984, 1985, 1987, 1991...98	11,7
Тобыл өз.– Қостанай қ.	Сакмара өз.- Каргала а.	1931...97, 1999...2015	$y=0,15x-12,9$	0,76	1971, 1989, 1994, 1998	12,9
Тобыл өз.– Милютинка а.	Тобыл өз. – Қостанай қ.	2004...15	$y=0,95x+2,80$	0,98	1940...2003	10,7
Желкуар өз.- Чайковского а.	Тобыл өз.– Гришенка а.	2004...15	$y=0,51x+0,64$	0,85	1940...2003	11,8
Аят өз.– Варваринка а.	Тобыл өз.– Гришенка а.	1952...97, 1999...2015	$y=0,64x+2,06$	0,72	1940...51, 1959, 1964, 1966, 1974, 1976, 1980...85, 1987, 1988, 1990, 1992, 1993, 1995, 1996, 1998	10,6
Үй өз.– Үй а.	Тобыл өз. – Милютинка а.	2004...15	$y=0,78x+9,04$	0,77	1940...2004	7,7
Тоғызак өз.– Тоғызак а.	Тобыл өз.– Қостанай қ.	1936...97, 2003...15	$y=0,13x+1,27$	0,84	1963, 1966, 1976, 1984, 1987, 1988, 1990, 1991, 1994...96, 1998...2002	8,6
Қамысты Аят өз.– Свердловка а.	Тобыл өз.– Қостанай қ.	1982, 1991...97	$y=1,95x+2,67$	0,68	1940...95, 1997...2006, 2009	15,9
Обаған өз.– Ақсуата.	Тобыл өз.– Қостанай қ.	1938...44, 1958...61, 2003, 2004	$y=0,23x+1,01$	0,65	1940, 1945...57, 1961...2003, 2006...2011, 2013	9,3

Тобыл алабындағы өзендердің қалыпты жылдық ағындысы соңғы жылдары бақылау жұмыстары жүргізіліп жатқан 10 гидрологиялық бекет бойынша қалпына келтіріп, ұзартылды. Ағынды сипаттамаларын бағалаудағы екінші маңызды параметр – жылдық ағындының вариация коэффициенті. Нормативті құжаттардағы талаптарға сай ағынды нормасын есептеу қателігі 15 %, ал вариация коэффициентінің қателігі 20 % аспау керек (2-кесте).

Тобыл алабы өзендерінің қалыпты жылдық ағындысын қалпына келтіру нәтижелерін бағалау дәлдігі екі кезең бойынша анықталып, салыстырылды. Бірінші алап өзендерінің қалыпты жылдық ағындысы бақылау кезеңі бойынша, екінші есептік кезең бойынша анықталды.

2-кестеге сәйкес бақылау қатарын көпжылдық кезеңге келтіргеннен соң қалыпты ағындыны бағалау дәлдігі артты. Бақылау кезеңінде алап бойынша қалыпты ағындыны есептеу дәлдігі 10,3...25,7 % аралығында болып, орта есеппен 16,7 % құраса, көпжылдық кезеңге келтіргеннен соң, алап бойынша 7,7...15,9 % аралығына дейін артып, орта есеппен қалыпты жылдық ағындының дәлдігі алап бойынша 11,3 % жоғарылады.

Бақылау қатарының коэффициент вариациясын есептеу дәлдігі 13,9...32,5 % аралығын құрап, орташа мәні 23,3 % көрсетіп, есептеу нормасынан асып түсті. Көпжылдық кезеңге келтіргеннен соң вариация коэффициентінің қателігінің алап бойынша орташа мәні 9 % азайып, 14 % құрады, ал вариация коэффициентінің ең жоғары қателік мәні Қамысты Аят өз. – Свердловка а. тұстамасына сәйкес келіп, 17,9 % құрады, ал ең аз шамасы Үй өз. – Үй а. тұстамасына сәйкес келіп, 11,9 % құрады.

Сонымен, Тобыл алабы өзендерінің қалыпты жылдық ағындысының параметрлерін есептеу нәтижелері кейбір бекеттерді есепке алмағанда ұсынған талаптарға толықтай сәйкес келетіндігін көрсетті. Параметрлерді есептеу дәлдігінің жоғары болмауының себебін ағындының өзгергіштігінің жоғарылығымен, адамның шаруашылық іс-әрекетінің әсерін ескеру қиындығымен және табиғи ағындыға жүргізілген бақылау қатарының жеткіліксіздігімен түсіндіруге болады. Алынған нәтижелер алап бойынша жүргізілетін ағындының кеңістіктік-уақыттық тербелістерді анықтауда, сондай-ақ халық шаруашылығына қажетті есептеулер жұмыстарын жүргізуде көмегін тигізеді.

Тобыл алабы өзендерінің орташа жылдық ағылдысын есептеу дәлдігі

Өзен-тұстама	F, км <sup>2</sup>	Жылдар саны, n	Бақылау кезеңі бойынша			Есептік кезең бойынша (1940...2015 жж.)				
			Q <sub>opt</sub>	C <sub>v</sub>	σ <sub>Q0</sub>	σ <sub>Q0</sub>	Q <sub>opt</sub>	C <sub>v</sub>	σ <sub>Q0</sub>	σ <sub>Cv</sub>
Тобыл өз.- Акқарға а. (Держинского)	2820	19	1,1	1,02	21,1	0,29	1,94	1,20	7,06	0,19
Тобыл өз.-Грипенка а.	13100	59	8,31	0,99	23,4	28,4	7,58	1,02	13,7	15,8
Тобыл өз.-Қостанай к.	44800	72	12,75	1,15	1,55	0,16	12,6	1,13	1,54	0,14
Тобыл өз.-Милютинка а.	49500	12	11,4	0,64	12,9	16,1	14,8	0,94	11,7	13,7
Желкуар өз.- Чайковского а.	4324	12	4,45	0,73	1,06	0,18	4,54	1,02	1,02	0,17
Аят өз.-Варваринка а.	9020	45	6,20	0,78	13,6	15,6	7,22	0,92	12,9	15,0
Үй өз.-Үй а.	25589	12	17,8	0,41	1,61	0,17	20,6	0,67	0,72	0,13
Тоғызақ өз.-Тоғызақ а.	5970	60	2,99	0,79	18,4	26,5	2,93	0,75	10,7	13,8
Қамысты Аят өз.- Свердловка а.	2838	9	1,90	0,53	4,76	0,22	9,43	1,39	2,59	0,15
Обаған өз.-Аксуат а.	17200	12	2,8	0,89	21,2	30,1	1,98	0,81	11,8	14,7
					1,88	0,12			1,46	0,12
					11,7	15,3			10,6	13,0
					0,66	0,10			0,37	0,08
					11,8	24,3			7,7	11,9
					3,44	0,11			2,93	0,09
					10,3	13,9			8,6	12
					9,31	0,16			1,64	0,25
					17,7	30,1			15,9	17,9
					9,1	0,29			4,69	0,10
					25,7	32,5			9,3	12,3

Ескерту: алымы –пайыз есебімен берілген қалыпты ағынды мен вариация коэффициентінің қателік үлесі.

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Бубин М.Н., Рассказова Н.С. Ритмичность многолетних колебаний стока рек как интегральный показатель изменчивости климата (на примере Урала): монография. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 279 с.
2. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 360 с.
3. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1981-1990 гг. Книга 1. Часть 1. Реки и каналы. Вып. 1. Бассейн рек Иртыш, Ишим, Тобол (верхнее течение). – Алматы, 2002. – 384 с.
4. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1991-2000 гг. Книга 1. Часть 1. Реки и каналы. Вып. 1. Бассейн рек Иртыш, Ишим, Тобол (верхнее течение). – Алматы, 2004. – 191 с.
5. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2001 г. Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Вып. 1. Бассейн рек Иртыш, Ишим, Тобол. – Алматы, 2002. – 165 с.
6. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2002 г. Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл. – Алматы, 2003. – 39 с.
7. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2003 г. Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл. – Алматы, 2004. – 63 с.
8. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2004 г. Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл. – Алматы, 2005. – 55 с.
9. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2005 г. Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл. – Алматы, 2006. – 64 с.
10. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2006 г. Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл. – Алматы, 2007. – 72 с.
11. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2007 г. Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл. – Алматы, 2009. – 79 с.



12. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2008 г. Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл. – Астана, 2010. – 81 с.
13. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2009 г. Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл. – Астана, 2011. – 78 с.
14. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2010 г. Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл. – Астана, 2012. – 81 с.
15. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2011 г. Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл. – Астана, 2013. – 74 с.
16. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2012 г. Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл. – Астана, 2014. – 105 с.
17. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2013 г. Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл. – Астана, 2015. – 96 с.
18. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2014 г. Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл. – Астана, 2016. – 102 с.
19. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2015 г. Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл. – Астана, 2017. – 92 с.
20. Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель, Кустанайская область Казахской ССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – Вып. 2. – 710 с.
21. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1963-1970 гг.). Алтай, Западная Сибирь и Северный Казахстан. Верхний Иртыш, Верхний Ишим, Верхний Тобол. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – Т.15. – Вып. 2. – 384 с.
22. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1971-1975 и весь период наблюдений). Выпуск 2 Бассейны Иртыша, Ишима, Тобола. Л.: Гидрометеиздат. 1980. – Т.15. – 294 с.
23. Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчетов. – Л.: Гидрометеиздат. – 1990. – 279 с.

24. СП-33-101-2003. Определение основных расчетных характеристик – М.: Госстрой России. – 2004. – 71 с.

Поступила 08.06.2020

Канд. геогр. наук, доцент  
Канд. геогр. наук

М.М. Молдахметов  
А.К. Мусина  
Ж.У. Бексултанова  
Д.Р. Сыдыков

### **ВОССТАНОВЛЕНИЕ МНОГОЛЕТНЕГО СТОКА РЕК БАСЕЙНА ТОБЫЛ**

**Ключевые слова:** многолетний сток, ряд наблюдений, продолжительность наблюдения, репрезентативный период, график связи, коэффициент корреляции, среднеквадратическая ошибка

*В ходе написания статьи произведен сбор данных о среднегодовом стоке рек бассейна р. Тобыл, гидрологические ряды наблюдений на основе построения разностных интегральных кривых по опорным пунктам приведены к многолетнему периоду. Рассчитаны ошибки восстановления годового стока рек бассейна и определены их соответствие к нормам, приведенным в нормативных документах. А также оценены и сравнены точность параметров стока по наблюдаемым и многолетним периодам.*

M.M. Moldahmetov, A.K. Mussina, Zh.U. Beksultanova, D.R. Sydykov

### **RECONSTRUCTION THE ANNUAL RUNOFF ROWS OF THE TOBYL RIVER BASIN**

**Keywords:** long-term runoff, series of observations, length of observations, representative period, relations graph, correlation coefficient, standard error

*The article summarizes the data on the average annual runoff of the Tobyl Basin Rivers, the series of hydrological observations by basic gauging stations are constructed difference integral curves, on the basis of a difference integral curve, a calculation period was determined and the series were bring for a long-term period. The reconstruction error has calculated for the Basin Rivers and its compliance with the norms specified in the regulatory document was determined. As well as the accuracy of the observed and long-term runoff parameters of the basin rivers has assessed and compared.*

УДК 504.38

Канд. геогр. наук

И.А. Седельников<sup>1</sup>М.М. Тайжанова<sup>1</sup>**ИЗМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ КЛИМАТА ГОРОДА ПЕТРОПАВЛОВСК ЗА 85 ЛЕТ**

**Ключевые слова:** термический режим, атмосферные осадки, климат, изменение климата, индекс континентальности

*В статье рассмотрены многолетние изменения основных компонентов климата – температурного режима и атмосферных осадков в городе Петропавловск Республики Казахстан. Дан анализ многолетним метеорологическим данным и их изменениям за период 1935...2019 гг. В результате анализа выявлено, что темп повышения среднегодовой температуры составил 0,17 °С/10 лет, максимальным изменениям подвергся зимний сезон, термический режим которого изменялся в 3 раза быстрее, чем летний. Годовые суммы осадков имеют незначительную тенденцию к увеличению (7...8 мм/10 лет). Изменениям подверглись зимний, осенний и весенний сезоны. В летний сезон тенденция к увеличению или к уменьшению годовых сумм осадков не выявлена. Определен индекс континентальности Петропавловска, который составил 57,1%. Он подвергся уменьшению степени континентальности на 0,53 %/10 лет.*

**Исследуемый объект.** Петропавловск – город на севере Казахстана, административный центр Северо-Казахстанской области. Город Петропавловск имеет внутриматериковое положение в зоне умеренных широт, его координаты 54°47' с. ш. и 69°07' в. д. и занимает площадь в 224,9 км<sup>2</sup>. Расположен на южной окраине Западно-Сибирской равнины, в лесостепной ландшафтной зоне умеренного пояса, на правом берегу р. Есиль (Ишим) [1]. Высота над уровнем моря составляет 100,3 м.

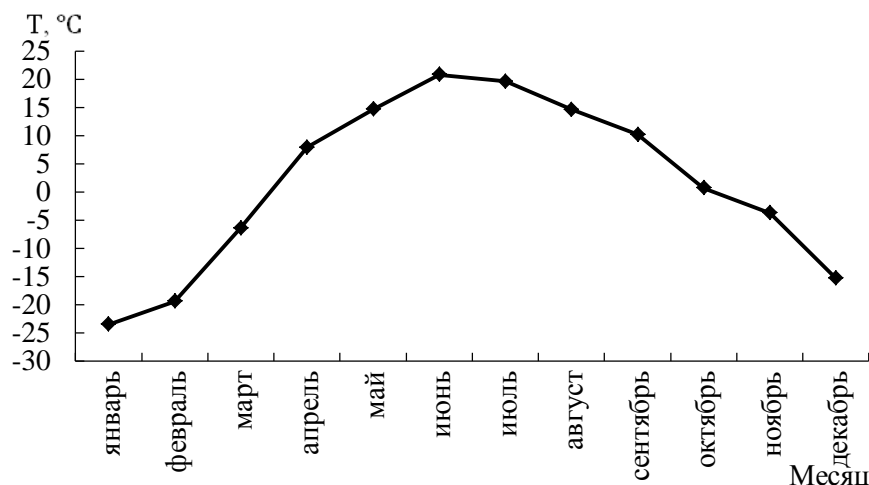
Метеорологические наблюдения в г. Петропавловске начали проводиться с 1890 г. Метеостанция за период работы переносилась трижды (1935 г., 1936 г., 1975 г.). Последний перенос осуществлён на территорию аэропорта, где она располагается в настоящее время [6].

<sup>1</sup> Северо-Казахстанский Государственный Университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, Казахстан

**Материалы и методы исследования.** Период работы станции составляет 130 лет, но имеются существенные пропуски в метеонаблюдениях вплоть до 1932 г. По этой причине было решено использовать метеоданные за последние 85 лет (1935...2019 гг.), что позволит более корректно определить изменения основных компонентов климата и установить их тенденции. Исходными данными в работе являются среднемесячные величины температуры воздуха и осадков. Использованные данные архива РГП «Казгидромет», а также из Климатологического справочника СССР (1966), Справочника по климату Казахстана (2004).

В ходе работы были использованы статистические методы: сводка и группировка материалов, определение абсолютных и относительных величин, метод вариационных рядов, выборочный метод, метод рядов динамики.

**Ход работы.** Нами проанализированы изменения термического режима города Петропавловск. Изучаемый объект характеризуется большой разностью и контрастностью как сезонных, так и межгодовых колебаний, а также довольно высокой суточной и годовой амплитудой (рис.1).



*Рис.1. Внутригодовой ход температуры воздуха в Петропавловске, °C.*

Амплитуда среднемесячных максимумов и минимумов изученного периода составила 53,6 °C. Среднемесячный минимум температуры воздуха (-30 °C) – январь 1969 г. Среднемесячный максимум (+23,6 °C) – июль 1998 г. Абсолютный минимум температуры (-44,3 °C) зафиксирован 13 января 1940 г., абсолютный максимум (+40,5 °C) – 18 июля 1940 г. Годовая амплитуда составила 84,8 °C.

Январь и июль являются самым холодным и самым теплым месяцами. Однако, выявлено, что им не всегда характерны наименьшие и наибольшие абсолютные значения. Абсолютный минимум отрицательных температур пришелся на декабрь 1968 г. (-43,6 °С) и на февраль 1951 г. (-42,5 °С). Резкие понижения температуры в зимнее время обусловлены вторжением континентального арктического воздуха с севера [3]. Абсолютный максимум положительных температур наблюдался в августе 1998 г. (+37,2 °С) и в июне 2010 г. (+37,4 °С). Изменения термического режима определяют по рядам средних значений. Чтобы сгладить краткосрочные колебания и выделить основную тенденцию, использован метод скользящих средних (рис. 2).

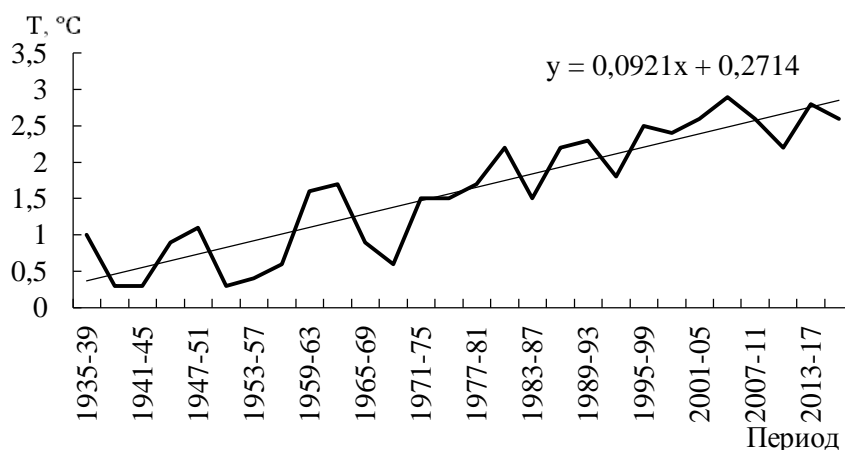


Рис. 2. Средние скользящие пятилетние среднегодовых температур и их линия тренда за 1935...2019 гг.

Из графика виден положительный тренд к повышению среднегодовой температуры. Максимальная среднегодовая температура зафиксирована в 1983 г. (+3,9 °С), а минимальная в 1941 г. (-1,2 °С). Среднемноголетняя годовая температура за 85 лет составила +1,6 °С.

Для сравнительного анализа период наблюдений поделен на два равных промежутка времени (1935...1976 гг., 1977...2019 гг.). В первый период среднемноголетняя годовая температура составила 0,9 °С. Отрицательные среднегодовые температуры зафиксированы в 1941 г. (-1,2 °С); 1945 г. (-0,3 °С); 1954 г. (-0,9 °С); 1960 (-0,3 °С). Их повторяемость за данный временной промежуток 12 % от общего количества лет.

В 1961 году происходит первый переход выше 2 °С (+2,3 °С) и повторяемость данной температуры составила 14,5 %. В 1962 г. наблюдается первый переход выше 3 °С (+3,2 °С), но это был единичный случай.

Последним годом с отрицательной среднегодовой температурой (-1,2 °С) является 1969 г. и выделяется аномально холодным январём, среднемесячная температура которого составила -30 °С. Остальные 70 % повторяемости приходится на температуры от 0 °С до +1,9 °С.

С 1977 по 2019 гг. среднемноголетняя годовая температура воздуха составила 2,3 °С., что в 2,5 раза больше среднемноголетней годово́й температуры начального периода наблюдений. Также этот период выделяется отсутствием отрицательных среднегодовых температур и заметной тенденцией к потеплению. Среднегодовая температура в 2 °С и выше зафиксирована в 45 % случаях, 3 °С и выше – 27 %, а остальные 28 % приходятся на температуру от 0 °С до 1,9 °С. Это соответствует данным из докладов Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), где отмечается, что последние десятилетия являются самыми теплыми на планете за прошедшие 150 лет [3]. Темп повышения среднегодовой температуры воздуха за весь период наблюдений составил 0,17 °С/10 лет.

Стоит отметить, что сезонные изменения неоднородны, несмотря на общий положительный тренд каждого из сезонов. Средние зимние температуры повысились от -16,2 °С до -13,4 °С, т.е. на 2,8 °С по 0,33 °С/10 лет. Максимальное значение средней температуры воздуха в зимние месяцы наблюдалось в декабре 2006 г. (-6,9 °С), минимальное – январь 1969 г. (-30 °С). Многолетняя средняя температура зимних месяцев (XII...II) за 85 лет составила -16,1 °С. Наблюдается тенденция к потеплению зимнего сезона (рис. 3).

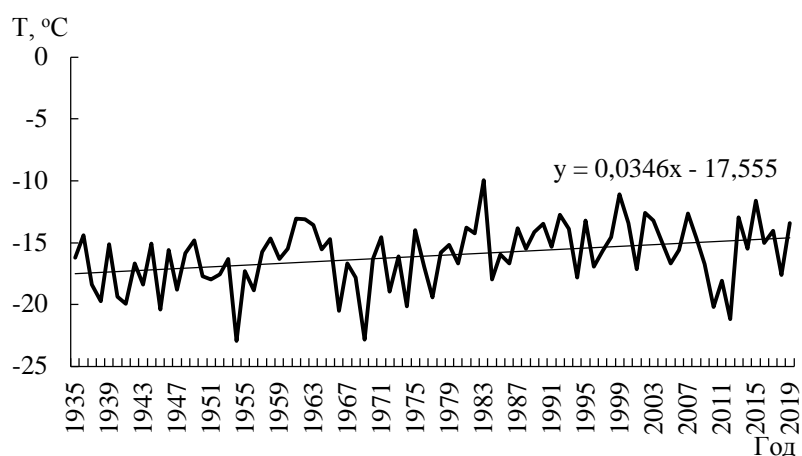


Рис. 3. Многолетний ход средней зимней температуры воздуха и её линия тренда за 1935...2019 гг.

Летний сезон характеризуется следующими показателями: многолетняя средняя температура летних месяцев (VI...VIII) составила +17,9 °С. Величины средних температур остались неизменны +18,2 °С в 1935 г. и 2019 г. Минимальное значение средней температуры воздуха зафиксировано в августе 1996 г. (+13,7 °С), максимальное – в июле 1998 г. (+23,6 °С). График (рис.4) показывает, что температура летнего сезона за 85 лет подверглась меньшим изменениям, чем в зимний сезон. Она испытывала флуктуацию около среднемноголетнего календарного уровня в +17,9 °С, с некоторой тенденцией к потеплению.

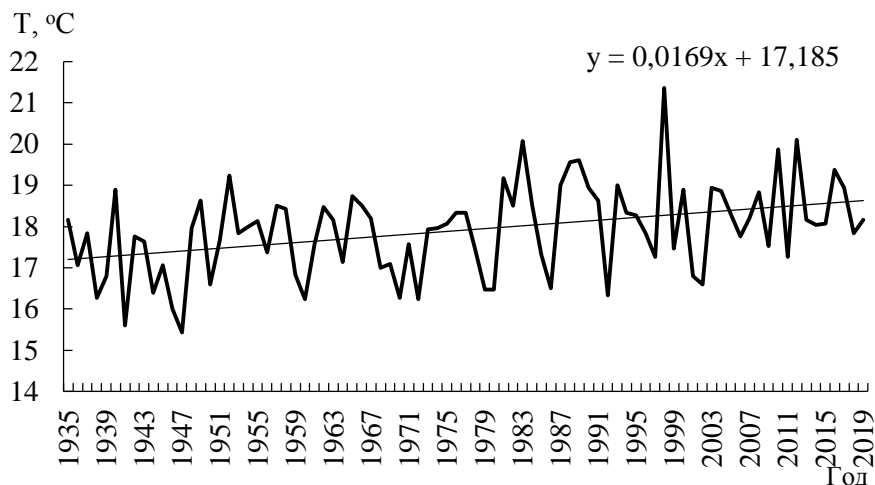


Рис 4. Многолетний ход средней летней температуры воздуха и её линия тренда за 1935...2019 гг.

Весной средняя многолетняя температура составила +2,4 °С, величины средних весенних температур (III...V) подверглись повышению, от +2,3 °С до +4,7 °С. Темп повышения весеннего периода 0,28 °С/10 лет. Осенью (IX...XI) темп повышения температуры ниже, чем весной. Величины средних осенних температур составили от +1,7 °С (1935 г.) до +3,2 °С (2019 г.), повышение на 0,17 °С/10 лет. Средняя многолетняя осенняя температура за 85 лет составила +2,1 °С.

Анализ вышеизложенного показывает, что повышению среднегодовой температуры за последние десятилетия способствовали зимний и весенний сезоны. Температура весеннего и зимнего сезона повышалась в 1,5...3 раза быстрее, чем осеннего и летнего.

**Атмосферные осадки.** Изменение режима атмосферных осадков за исследуемый период представляет собой неоднородную картину (рис. 5).

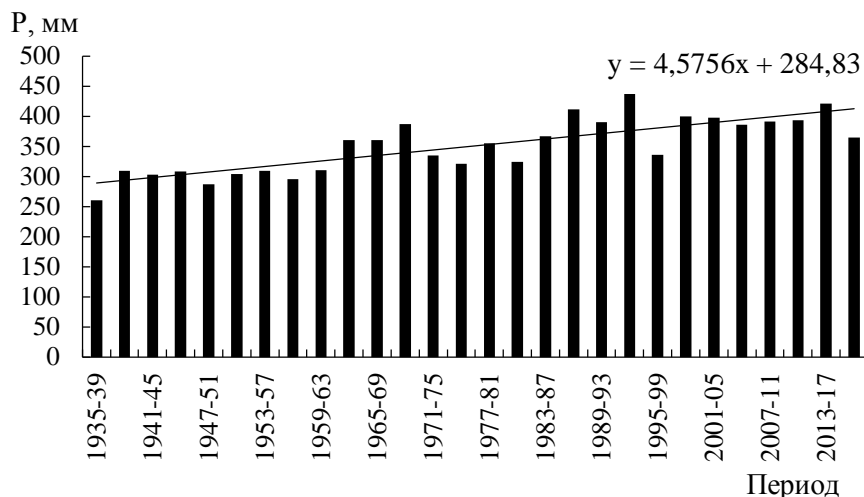


Рис. 5. Средние скользящие пятилетние годовых сумм осадков и их линия тренда за 1935...2019 гг.

Из данных, приведенных на графике, видно, что даже осредненные значения количества осадков заметно отличаются во времени, и имеют резкие колебания от года к году. Данные наблюдения за 85 лет показывают, что в Петропавловске они варьируются от 164 мм (1936 г.) до 594 мм (1994 г.), составляя соответственно 47 % и 172 % средней многолетней величины (350 мм). Однако прослеживается незначительная тенденция к увеличению годовых сумм осадков при среднем их приросте по 7...8 мм/10 лет (табл. 1).

Таблица 1

Повторяемость годовых сумм осадков за период 1935...2019 гг.

Года	Осадки (мм)				
	100...200	200...300	300...400	400...500	500...600
1935...1976	4,7 %	40,5 %	38 %	16,7 %	0 %
1977...2019	0 %	12 %	52,4 %	31 %	7,1 %

Годовое количество осадков 500 мм наблюдалось трижды за последние 30 лет.

Аномальные значения 500...600 мм были зафиксированы и ранее: в 1905 г. (618 мм), в 1908 г. (541 мм). Но следующий переход через 500 мм произошёл в 1994 г. (594 мм), что говорит больше об аномальности 1905 и 1908 гг., чем о закономерности [7].

Среднемноголетним месячным суммам осадков также характерна неоднородность (рис.6).



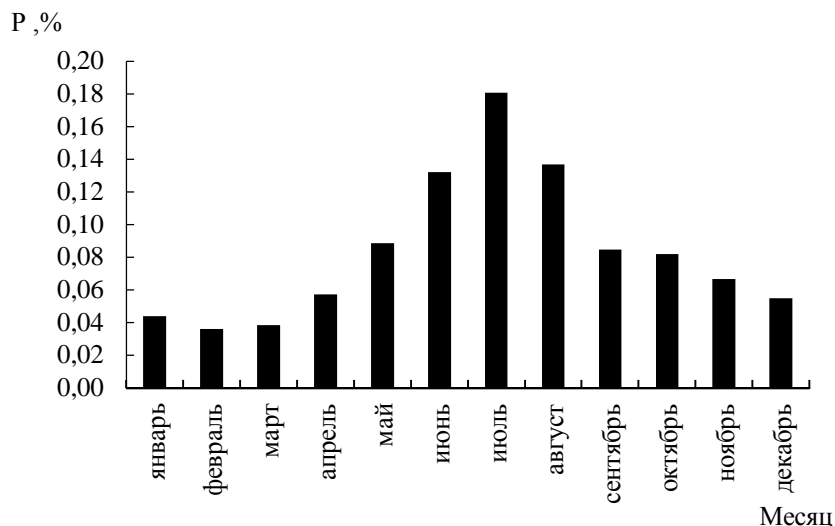


Рис. 6. Среднее многолетнее внутригодовое распределение осадков (месячные суммы осадков в процентах от годовых, %).

Абсолютный минимум осадков за месяц (0...1 мм) зафиксирован в мае 1959 г, а абсолютный максимум – (июль 1994 г. – 208 мм), что составило 315 % месячной нормы (табл. 2).

Таблица 2

Экстремальные значения средних месячных осадков, мм

Месяц	Норма	Минимум	Максимум
Январь	22	0,5 (2012 г.)	42 (2001 г.)
Февраль	16	0,4 (1962 г.)	48 (1966 г.)
Март	13	0,5 (1998 г.)	40 (1994 г.)
Апрель	20	0,2 (1953 г.)	56 (2006 г.)
Май	27	0,0 (1959 г.)	96 (2011 г.)
Июнь	40	0,7 (1955 г.)	116 (1950 г.)
Июль	67	10 (1984 г.)	208 (1994 г.)
Август	47	3 (1981 г.)	141 (1954 г.)
Сентябрь	32	3 (1951 г.)	109 (1946 г.)
Октябрь	30	2 (1991 г.)	93 (1969 г.)
Ноябрь	27	0,6 (1967 г.)	68 (2002 г.)
Декабрь	25	0,8 (1974 г.)	57 (1989 г.)

В большей мере изменениям подвержены зимние, весенние и осенние месяцы. Несмотря на чередование отрезков с довольно разным количеством осадков, в каждом из сезонов видна тенденция к увеличению

суммы осадков [2]. Средний прирост зимних сумм осадков составил 3,7 мм/10 лет, весенних 3,4 мм/10 лет, осенних 4,6 мм/10 лет.

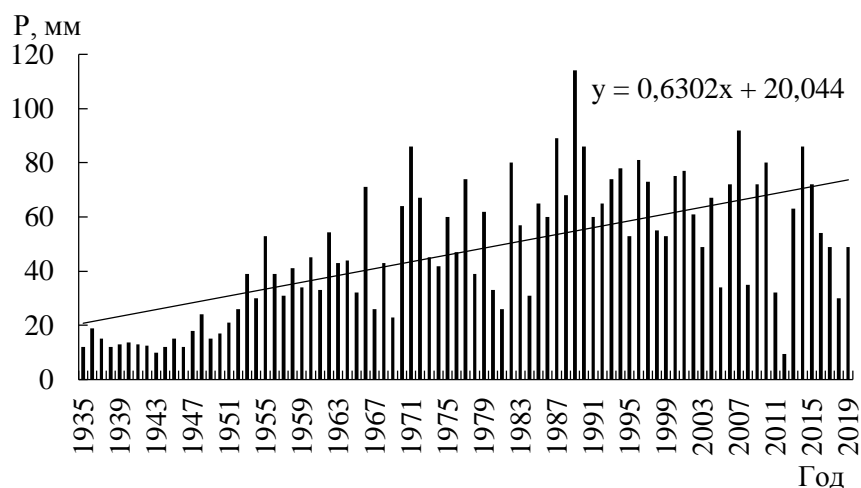


Рис. 7. Межгодовой ход сумм осадков зимних месяцев и их линия тренда за 1935...2019 гг.

Тенденция к увеличению сумм осадков летних месяцев не выявлена. На протяжении всего периода наблюдений линия тренда оставалась примерно на одном уровне. Но, как и остальным сезонам, летнему сезону характерна резкая изменчивость сумм осадков из года в год.

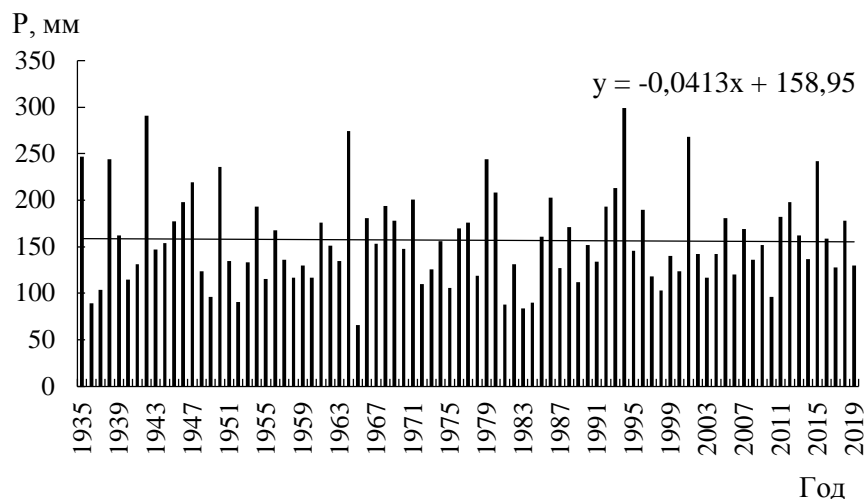


Рис. 8. Межгодовой ход сумм осадков календарных летних месяцев и их линия тренда за 1935...2019 гг.

**Индекс континентальности.** Ввиду заметного потепления зимнего сезона, важно знать степень континентальности климата на данный момент времени, а также его изменения за 85 лет.

Для этого наблюдаемый период поделен на два временных отрезка – 1935...1976 и 1976...2019 гг.

При определении индекса континентальности использовали формулу Л. Горчинского:

$$K = \frac{1,7A}{\sin \varphi} - 20,4 ,$$

где  $A$  – годовая амплитуда температуры воздуха,  $\varphi$  – широта.

В итоге, выявлено, что в первом отрезке времени (1935...1976 гг.) индекс континентальности составил 58,4 %, во втором (1977...2019 гг.) индекс составил 57,5 %. Данный процент подтверждает, что Петропавловск имеет континентальный климат, как указывается во многих учебниках и монографиях, но наблюдается изменение в сторону уменьшения степени континентальности на 0,53 %/10 лет. Средний многолетний индекс континентальности за весь период наблюдений составил 57,1 %.

**Вывод.** проанализировав многолетние метеорологические данные по г. Петропавловску, мы с уверенностью можем сказать, что данная территория подверглась изменениям как значительным, например, термический режим зимнего сезона, так и минимальным, в виде незначительного тренда к повышению количества осадков. Но даже если изменения не так значительны, их ни в коем случае нельзя игнорировать ни жителями города, ни хозяйствующим субъектам, чьё производство тесно связано с климатическими условиями.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белецкая Н.П., Дмитриев П.С., Назарова Т.В., Пашков С.В., Фомин И.А. Рекреационный потенциал Северо-Казахстанской области. Ч. 1. – Петропавловск: СКГУ им. М. Козыбаева, 2019. – С. 5.
2. Ежегодный бюллетень мониторинга изменения климата Казахстана: 2018 год. – Астана: РГП «Казгидромет», 2019. – С. 27.
3. Изменение климата, 2013 г. Резюме для политиков // Доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата / под ред. Д. Цинь, Дж.-К. Платтнер, М. Тигнор, С.К. Аллен, Дж. Бошунг, А. Науэлс, Ю. Ся, В. Бекс и П.М. Мидглей. – Женева, 2013. – С. 3-5.

4. Климат Казахстана / под ред. Утешева А.С. – Л.: Гидрометеоиздат, 1959. – С. 35-36.
5. Климатический справочник СССР. Казахская ССР. Выпуск 18: Метеорологические данные за отдельные годы. Ч. 1. Температура воздуха. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – С. 15-16.
6. Справочник по климату Казахстана. Выпуск 1: Северо-Казахстанская область. Раздел 1. Температура воздуха. – Алматы, 2004. – С. 21.
7. Тайжанова М.М. Климат Северо-Казахстанской области: методическое пособие для учителей географии и студентов специальности «География». – Петропавловск: ППИ им. К.Д. Ушинского, 1989. – С. 7.

Поступила 26.06.2020

И.А. Седельников

Геогр. ғылымд. кандидаты М.М. Тайжанова

### **ПЕТРОПАВЛ ҚАЛАСЫ КЛИМАТЫНЫҢ НЕГІЗГІ КОМПОНЕНТТЕРІНІҢ 85 ЖЫЛ АРАЛЫҒЫНДАҒЫ ӨЗГЕРУІ**

**Түйін сөздері:** термиялық режимі; атмосфералық жауын-шашын; климат; климаттың өзгеруі; континенталдық индексі

*Мақалада климаттың негізгі компоненттерінің – температуралық режимі және Қазақстан Республикасының Петропавл қаласындағы атмосфералық жауын-шашынның көп жылдық өзгерістері қарастырылған. Талдау нәтижесінде орташа жылдық температураның өсу қарқыны 0,17 °C/10 жылды құрайтыны анықталды, қысқы маусым барынша өзгерістерге ұшырады, оның термиялық режимі жазғыға қарағанда 3 есе жылдам өзгерді. Жауын-шашынның жылдық мөлшері шамалы ұлғаю үрдісіне ие (7...8 мм/10 жыл). Қысқы, күзгі және көктемгі маусымдар өзгерістерге ұшырады. Жазғы маусымда жылдық жауын-шашын мөлшерінің ұлғаю немесе азаю үрдісі анықталған жоқ. Петропавлдың континенталдық индексі анықталды, ол 57,1 % құрады. Континенталдық индекс дәрежесі 0,53 %/10 жылда азайған.*

## **CHANGES IN THE MAIN COMPONENTS OF PETROPAVLOVSK CLIMATE OVER 85 YEARS**

**Keywords:** thermal regime; atmospheric precipitation; climate; climate change; continental index

*The article deals with long-term changes in the main components of climate-temperature regime and precipitation in the city of Petropavlovsk of Republic of Kazakhstan. The analysis of long-term meteorological data and their changes for the period from 1935 to 2019 is given. The analysis revealed that the rate of increase in the average annual temperature was 0.17 °C/10 years, the maximum changes were made in the winter season, the thermal regime of which changed 3 times faster than in the summer. Annual precipitation amounts tend to increase slightly (7...8 mm/10 years). The winter, autumn and spring seasons have changed. In the summer season, there is no tendency to increase or decrease the annual precipitation amounts. The index of continentality of Petropavlovsk was determined, which was 57.1 %. It has undergone a decrease in the degree of continentality by 0.53 %/10 years.*

УДК 911.9

Доктор геогр. наук, проф.  
PhD, проф.

А.Г. Валеев<sup>1</sup>  
Ф.Ж. Акиянова<sup>2</sup>  
Ж. Сагинтаев<sup>3</sup>

### СОВРЕМЕННЫЕ РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА АЛАКОЛЬ

**Ключевые слова:** рельефообразующие процессы, побережье, оз. Алаколь

*В статье представлен обзор результатов полевых и камеральных исследований современных рельефообразующих процессов побережья оз. Алаколь. В настоящее время в рельефообразовании побережья доминируют: затопление и заболачивание, переработка берегов, сгонно-нагонные явления, сорообразование и засоление, дефляция, плоскостной смыв, речная боковая и русловая эрозия и техногенная деятельность. Содержательный анализ каждого процесса, с учетом полученных данных предыдущими характеристиками рельефа полученные более 50 лет назад, в сопровождении наглядных фотоматериалов, доступно раскрывают современные условия экзогеодинамики побережья. Основная идея исследования определить и представить общественности ведущие процессы рельефообразования побережья в условиях усиливающегося техногенного освоения территорий.*

Рельфообразующие процессы (геоморфологические) – это процессы, под воздействием которых формируется и развивается рельеф земной поверхности. Различают эндогенные и экзогенные процессы [2]. Современное повышение уровня озера Алаколь привело к активизации экзогенных рельефообразующих процессов на побережье: затопление и заболачивание берегов, переработка эрозионных берегов (эрозия и аккумуляция берегов), сгонно-нагонные явления, сорообразование и засоление в прибрежных понижениях суши, дефляции, плоскостной смыв,

<sup>1</sup> Институт географии и водной безопасности, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup> Институт Географии и природопользования МНК «Астана», г. Нур-Султан, Казахстан

<sup>3</sup> ТарГУ, г. Тараз, Казахстан

речная боковая и русловая эрозия, также усилилась техногенная деятельность [7, 8].

Результаты анализа морфометрии позволили выявить закономерность рельефообразования различной конфигурации береговой зоны в зависимости от типов берегов. Аккумулятивный рельеф озерных, аллювиально-озерных и эоловых равнин западного и северо-западного, северного и северо-восточного побережья оз. Алаколь подвержены обширным процессам затопления, сорообразования, а также сгонно-нагонным явлениям. Данные берега отличаются значительной динамикой изменения положения береговой линии. Берега являются низменными, повышение абсолютных высот от уреза воды происходит постепенно и простирается на большие расстояния.

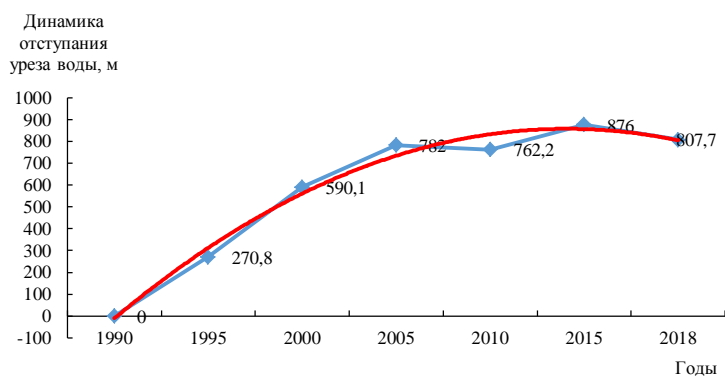
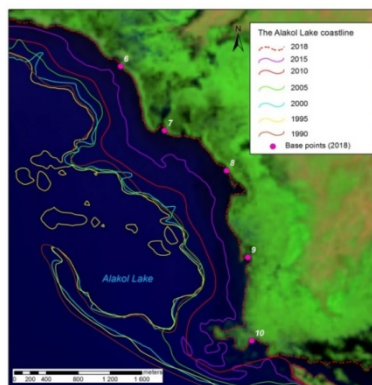
Побережья денудационного рельефа (делювиально-пролювиальная равнина) и аккумулятивного рельефа (озерно-аллювиальная и аллювиально-пролювиальная равнина на конусах выноса) подвержены процессам интенсивной переработки берегов, проявляющихся в виде абразии и аккумуляции в динамичной части береговой зоны. Данные экзогенные процессы распространены на юго-западном, восточном и северном побережье оз. Алаколь. Эрозионным (абразионным) берегам характерны лопастные формы, а также наличие песчано-галечникового пляжа и кос. Образование эрозионных берегов на наклонных предгорных равнинах, объясняется значительным слоем накопления осадочных горных пород. Абсолютные высоты, которые у кромки берегового уступа находятся выше уровня уреза воды от 1 метра в периферийной части и до 9...10 метров в гребневой части древнего конуса выноса (юго-западное побережье) и 5...6 м гребневой части пологоволнистой равнины. Наличие берегового клифа делает динамику положения береговой линии менее активной, хотя уступ сложен легкоразмываемыми горными породами (суглинки, супеси, глины) [9]. При этом переработка берегов имеет наибольшее негативное воздействие на населенные пункты, рекреационные зоны, транспортную инфраструктуру и др. Результаты полевых исследований показали высокую скорость переформирования абразионного уступа (денудационного) юго-западного и восточного берегов. Выявлены участки с динамикой более 3...4 метров в год [17].

**Подтопление и заболачивание.** Процессы получили развитие на аккумулятивных прибрежных равнинах северо-западного, северного и северо-восточного побережья оз. Алаколь, обусловленные

морфометрическими условиями [18]. Первые исследования и наблюдения за процессами начались с середины прошлого столетия. Одной из основных причин развития подтопления является современное повышение уровня озера. Коровин В.И. и Курдин Р.Д. (1965 г.) связывают значительные изменения площади водного зеркала и положения береговой линии с многолетним колебанием уровня оз. Алаколь, достигающее 5...6 м. Многолетние колебания приводили к периодическому затоплению и переносу населенных пунктов, расположенных на низких и пологих северо-западных и северо-восточных берегах водоема [6]. Филонец П.П. (1965 г.) в своих результатах исследования приводит количественные параметры изменения положения береговой линии. Вследствие подъема уровня воды береговая линия отодвинулась, по сравнению с прежней, на несколько десятков метров, и даже несколько километров (так уровень озера с 1950 по 1962 гг., поднялся на 4 м 25 см). Северные его берега, по сравнению с положением на 1939 г., отодвинулись местами на 6 км. [14]. По данным наблюдений гидропоста «Казгидромет» на оз. Алаколь уровень воды с 1962 по 2015 гг. поднялся еще на 2,7 м, превысив отметку 350 м абсолютной высоты [12, 16]. При этом, в период с 1974 по 1987 гг. наблюдался спад уровня на 2,67 м., который сменился подъемом уровня, продолжающийся в настоящее время. Также количественные данные приводит в своих работах Казанская Е.А (1965 г.), по сравнению с 1941 г. озеро переместилось к северу на 4...5 км. Затоплена дельта р. Уржар, озеро постепенно подошло к с. Камыскала, разрушило и смыло в нем две улицы [5]. Таким образом, на сегодняшний день общая площадь, занятая процессами подтопления и заболачивания, составляет 381,9 км<sup>2</sup>, по данным картографического анализа.

Для анализа современного этапа развития процессов подтопления и затопления в данной работе были использованы дистанционные и полевые методы исследования. Существенные изменения претерпевает территория ключевого участка северо-восточного аккумулятивного берега, междуречье рек Эмель, Катынсу и Уржар. За 28 лет береговая линия озера продвинулась в сторону суши от 650 м до 1 км в отдельных местах. Это преимущественно низменные аккумулятивные берега на которых находятся в данное время обширные водно-болотные угодья (рис. 1).



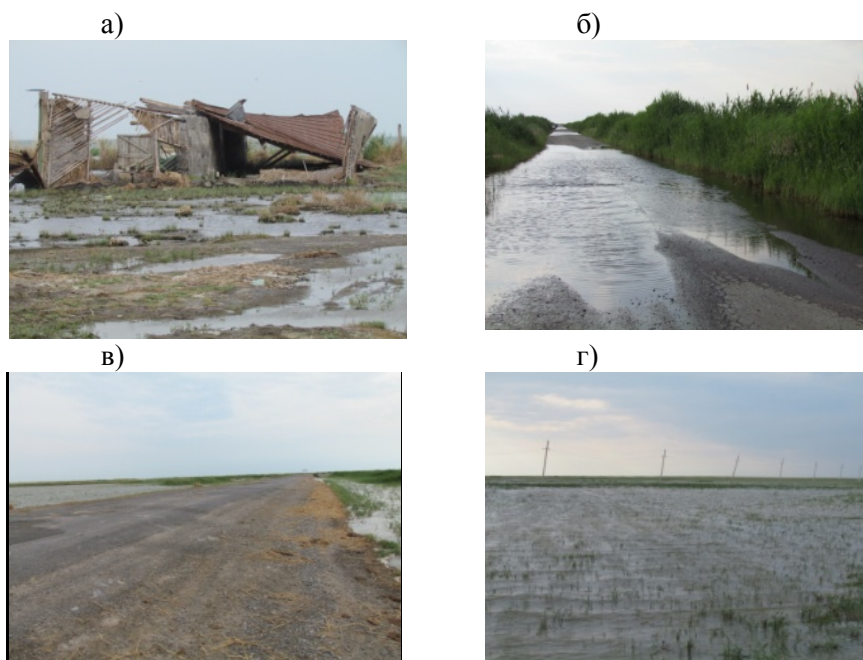


*Рис. 1. Изменение береговой линии оз. Алаколь; северо-восточный, аккумулятивный берег (дельта р. Катынсу). [18]*

За исследуемый период наблюдается увеличение площади зеркала озера в общем на  $120 \text{ км}^2$ . Выделяются два основных пика роста с 2000 по 2010 гг. и с 2015 по 2018 гг. причем за последний пик, площадь водного зеркала увеличилась на  $50 \text{ км}^2$ . Общая площадь озера превысила  $3000 \text{ км}^2$ . Длина береговой линии за 28 лет увеличилась на  $95,5 \text{ км}$  и составила  $517 \text{ км}$ . В основном изменения в длине и конфигурации береговой линии произошли в северо-восточной, северной и северо-западной части озера. Данные территории являются низменными, аккумулятивными берегами. Под воздействием местных климатических факторов и морфометрических условий, повышение уровня озера негативно воздействует на прибрежную зону. Обширному затоплению подверглись пастбищные и сенокосные угодья северо-восточного и северо-западного побережья.

Подтопление и заболачивание негативно воздействует на функционирование природно-хозяйственных систем и в целом на жизнедеятельность местных жителей (рис. 2). Так, повышение уровня

привело к подтоплению более 4 км асфальтированной дороги Ушарал-Камыскала на северном побережье. Затопление распространяется в понижениях полого-волнистой равнины. Территория вдоль дороги затоплена со стороны оз. Алаколь, а также со стороны оз. Кошкарколь.



*Рис. 2. Объекты инфраструктуры под воздействием процессов подтопления и заболачивания, а) разрушенный рыбоприемный пункт с. Камыскала, в результате подтопления селитебных территорий; б) подтопленная автодорога Ушарал – Уялы; в) затопленная с обеих сторон дорожная насыпь автодороги Ушарал – Камыскала; г) затопленная линия электропередач.*

На суше остались только дорожное полотно и обочина. Затопленная местность местами заросла тростником. Подтоплены грунтовые дороги юго-восточного побережья в пределах прибрежной части урочища Косайшагыл, междуречий Эмель – Катынсу – Уржар. Железобетонные столбы высоковольтных линий электропередач дали крен и находятся в аварийном состоянии в результате подтопления и заболачивания, вдоль автодороги Ушарал – с. Камыскала. Также подтопления опор ЛЭП наблюдаются в междуречье рек Эмель и Катынсу. Подвержены разрушению частные строения жилого фонда в результате затопления и заболачивания селитебных территорий с. Камыскала. Жители с. Уялы были переселены, а само село

упразднено в результате затопления и размыва асфальтированной автодороги, связывающей с г. Ушарал (рис. 2б). На северо-восточном побережье, по словам жителей с. Коктал, затоплены обширные ценные сельско-хозяйственные земли – сенокосные и пастбищные угодья. На их месте, в настоящее время, получают развитие водно-болотные угодья. В связи со значительным сокращением сенокосов и пастбищ, жители с. Коктал вынуждены менять свой хозяйственный уклад, от ведения отгонного животноводства в пользу промыслового рыболовства.

Наибольшая заболачиваемость приурочена к плоским берегам озера Алаколь. Болотно-сазовая зона протягивается вдоль восточного побережья Алаколя шириной от 1 до 5...6 км. Участки выклинивания подземных вод у основания конусов выноса временных водотоков представляют собой обширные заболоченные пространства. Заболачивание является осложняющим фактором хозяйственного освоения территории. На низменных побережьях озера (отметка уровня воды на 1.07.2018 г. – 351,09 м) местами отмечается активизация процессов затопления и заболачивания земель, что вызвано подъемом уровня воды в озере. Естественно, что участки затопления и заболачивания обычно не пригодны для строительства каких-либо сооружений или коммуникаций [3, 4, 1].

**Сгонно-нагонные процессы.** Морфометрические условия береговой зоны и типы берегов оз. Алаколь определяют области распространения сгонно-нагонных явлений. Низкие аккумулятивные берега со слабым уклоном и незначительным нарастанием абсолютных высот являются местом развития и прохождения описываемых процессов. К таким берегам относятся западная, северная, северо-восточная и южная часть оз. Алаколь (рис. 3). На абразионных и абразионно-аккумулятивных берегах сгонно-нагонные явления могут привести к подъему уровня, но не вызовут затопление побережья. Движущей силой процесса является непростой ветровой режим Алакольской впадины. Поэтому динамика береговой зоны также определяется сгонно-нагонными процессами и связанными с этим перемещением наносов во взвешенном состоянии [5]. Анализ морфометрических характеристик ветровых условий, позволил выявить критерии опасных сгонно-нагонных ветров, представленных в таблице 1 [11].

По данным Коровина В.И. и Курдина Р.Д. (1965 г.), наиболее значительных размеров ветровые сгоны и нагоны воды наблюдаются при ветрах юго-восточных и северо-западных направлений на оз. Алаколь, в его мелководной северо-западной части, а также на противоположной оконечности водоема – в заливе Киши Алаколь. При юго-восточных и

южных ветрах происходит сгон в юго-восточной оконечности и нагон в северо-западной части озера. При ветрах западных направлений значительный нагон наблюдается в устье р. Уржар, а также на других участках северо-восточного и восточного побережья, при восточных и юго-восточных ветрах – на северо-западном побережье [6].



*Рис. 3. Вынос оплывин и сухого тростника на 20...50 м от уреза воды в результате нагонных явлений. Аккумулятивный берег залива Киши Алаколь, юго-западный берег.*

Таблица 1

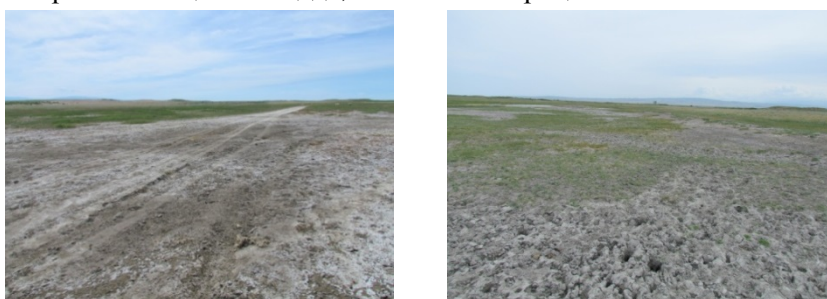
Критерии опасных направлений ветра для различных участков побережья оз. Алаколь

Район	Эффективные направления ветра со скоростью >15 м/с	
	Нагоны	Сгоны
Северо-западная часть озера	СЗ, ССЗ	ЮВ, ЮЮВ
Южная оконечность водоема (залив Киши-Алаколь)	СЗ, ССЗ	ЮВ, ЮЮВ
Северо-восточное и восточное побережье	З, СЗ	В, ЮВ
Район с. Камыскала	Ю, ЮВ	С, СЗ

По данным наблюдений Коровина В.И. и Курдина Р.Д. в (1965 г.), на посту с. Рыбачье (с. Камыскала) наибольшая высота подъема уровня воды при нагонах достигает 0,8...1,0 м. Продолжительность нагонов (сгонов) колеблется от нескольких часов до нескольких суток. В северо-западной части озера значительные нагоны и сгоны, в соответствии с ветровым режимом, чаще наблюдаются в весенний и осенний периоды, в юго-восточной – в октябре и декабре [6].

**Сорообразование и засоление.** В области исследования процессы сорообразования и засоления получили распространение на аккумулятивных озерных и озерно-аллювиальных равнинах западного и восточного побережья оз. Алаколь, а также на оконечностях

денудационной равнины на северо-западе. В пределах озерных равнин Алаколь создались благоприятные условия для активного развития процессов континентального засоления, обусловленного аридностью климата при глубине залегания уровня грунтовых вод менее 2...3 м от поверхности земли. На площадях развития лессовых пород, засоленность почво-грунтов невысокая, но подчинена нарастанию суммы воднорастворимых солей вверх по разрезу. В пониженных участках аллювиально-озерной равнины высокое содержание солей приводит к образованию соров и солончаков. На западном побережье, понижения озерной равнины заняты сорами, называемыми в народе «Коссор». Высыхающие озера в летний период на сорах «Коссор» известны своим месторождением лечебных грязей [13]. Сорообразование и засоление на западном берегу на юге граничит с периферийной частью веера орошения р. Тентек, на севере с равнинным перешейком между озерами Алаколь и Кошкарколь. Общая площадь, занимаемая процессами составляет 67,6 км<sup>2</sup>.



*Рис. 4. Сорообразование и засоление урочища Карабулак, восточное побережье.*

Сорообразование и засоление на восточном побережье оз. Алаколь занимает площадь 136,2 км<sup>2</sup>. На территории высыхающих озер не имеются ссоры значительных размеров, как на западном побережье, однако здесь процессы засоления получили большое площадное распространение (рис. 4). На севере площадь распространения процессов ограничивается ур. Косайшагыл, на юге граничит с озерно-болотной равниной залива Киши Алаколь. На обоих участках распространена галофитная растительность, в рельефе характерны такырные и соровые понижения на которых растительность отсутствует.

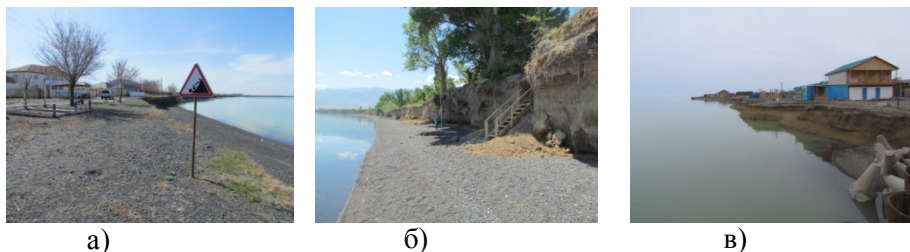
Повышенная засоленность, особенно на участках развития глинистых отложений, ухудшает их дорожно-строительные свойства, увеличивая коррозийные способности. Засоленность почво-грунтов является одним из осложняющих факторов при хозяйственном освоении

земель под поливное земледелие, где процессы соленакопления достаточно активизированы [7, 8].

**Абразионные процессы в периферийной части конусов выноса (переработка берегов.)** Рельеф берегов, образованный абразионными процессами, представлен на юго-западном, восточном и северо-западном побережье оз. Алаколь (рис. 5). Переработка берегов активизировалась в настоящее время на фоне новейшего поднятия уровня воды озера. Колебания уровня, достигающие в многолетнем разрезе 5...6 м, сопровождаются значительными изменениями береговой линии. Абразионно-аккумулятивные процессы в различных частях озера протекают с различной интенсивностью в зависимости от направления волновой равнодействующей, параметров волнового режима и геологического строения склонов [3, 4, 1]. Развитие абразионного берега на северо-западном побережье приурочено к периферии древнего конуса выноса р. Жаманты, представляющее собой пологонаклонную аллювиально-пролювиальную равнину, обрывающуюся у озера. Суглинистый абразионный уступ берет свое начало на севере от основания косы Белкудык. Относительные высоты уступа повышаются в южном направлении до 4...6 м в гребневой части, который практически протягивается вдоль всей полосы рекреационной зоны Акши. Также южнее изменяется литологический состав, где в разрезе уступа преобладают галька и галечник, сцементированные суглинками и глинами. В районе современной дельты р. Жаманты относительные высоты падают, а абразионный берег переходит в аккумулятивный. Общая протяженность описываемого абразионного берега составляет 10 км. Продольный профиль берегового уступа имеет вид лопастных выемок и выступов. На сегодняшний день на всем протяжении описываемого берега происходит активное рекреационное освоение, идет капитальное строительство турбаз, домов отдыха, прокладывается инфраструктура. Как показали полевые мониторинговые исследования, застройка первой линии ведется без учета переработки берегов. Полевые инструментальные измерения динамики абразионного процесса за один год в среднем составляет 5...6 м в районе основания косы Белкудык. Юго-западный берег покрыт осыпями и разбит вертикальными трещинами.

Южнее дельты р. Жаманты на расстоянии 4 км протягивается южный береговой уступ юго-западного побережья. Уступ суглинистый с редкими включениями разнозернистого песка и галечника. Абразионные

процессы сформировали крутой береговой уступ с относительной высотой от 1 до 9 метров в гребневой части. В северной части абразионного уступа расположено с. Коктума, естественной границей селитебных территорий со стороны озера является непосредственно береговой уступ. Высокий береговой клиф угрожает селитебным территориям и объектам инфраструктуры с. Кокума (рис. 6) [17].



*Рис. 5. Переработка эрозионно-аккумулятивных берегов с образованием пляжа и клифа: на юго-западном побережье а) рекреационная зона с. Акши, б) с. Коктума; на восточном побережье в) рекреационная зона с. Кабанбай.*

Морфометрические характеристики рельефа значительно оказывают влияние на ведущие аккумулятивные и абразионные процессы береговой зоны. Описываемый береговой уступ, сложенный легкоразмываемыми лессовидными супесями и суглинками, подвергается интенсивному размыву. Абразия здесь связана с тем, что равнодействующая сильных ветров юго-восточного направления ориентирована перпендикулярно к берегу [3, 4, 1]. Полевые мониторинговые исследования с 2013 по 2019 гг., позволили определить динамику развития абразионного процесса на основе 4 установленных мониторинговых площадок. Динамика переработки берегового уступа в активной зоне составляет от 3 до 4 м за один год. Выявлено изменение высоты берегового клифа от 5...6 метров (1964 г.) [5] до 9 метров.



*Рис. 6. Динамика абразионных процессов в юго-западном побережье, с. Коктума: а) 9 июня 2018 г.; б) 16 апреля 2019 г.; в) 12 июня 2019 г.*

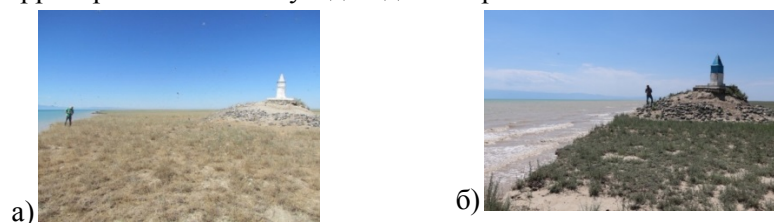
Абразионные процессы получили развитие на восточном берегу озера, вдоль рекреационной зоны с. Кабанбай. Общая протяженность берега с размываемым береговым уступом составляет 2,5 км. С севера и юга береговой клиф сменяется аккумулятивным валунно-галечниковым пляжем, ограничивающим береговую линию озера от прибрежной низменной подтопленной равнины. В обнажениях клифа суглинки и глины тонкопесчанистые, встречаются погребенные почвы, свидетельствующие о том, что берег неоднократно испытывал трансгрессию водоема. Уступ берега подвержен интенсивной абразии, здесь можно наблюдать различные формы разрушения берега – ниши размыва, столбчатые останцы и др. Почти непрерывной полосой вдоль берега тянется узкий галечниковый пляж. Высота его до 1 м, средняя ширина – до 7 м, преобладающие размеры галек 1...4 см, реже до 7...10 см. Местами пляжная полоса еще залита водой, которая омывает основание уступа [5]. На описываемом береговом участке переработка берегов имеет весьма динамичный характер. Так по данным Казанской Е.А. (1965 г.) исследуемый участок к югу от основания Жарбулакской косы постепенно повышался, появлялся невысокий суглинистый уступ, относительная высота которого против с. Жарбулак (с. Кабанбай) достигала 5 метров, а в настоящее время относительная высота уступа на этом же месте всего лишь 2 м.

По данным проведенных полевых исследований на восточном берегу динамика переработки берегового уступа в активной зоне составила около 3,0 м за один год, измеренные по двум мониторинговым площадкам. Следует отметить неравномерную переработку берегов на мониторинговых участках. Однако, по всем реперам отмечается устойчивое движение бровки берегового уступа в сторону суши [17].

Переработка берегов с образованием отвесного абразионного уступа распространена также в северо-западной части побережья озера, представленная озерной равниной. Общая протяженность абразионного побережья составляет 12 км. По поперечному профилю берегового уступа четко прослеживается пологая волнистость равнины. Клиф сложен глинами, суглинками, супесями. Урез воды проходит по основанию уступа. Происходит подмывание грунтов основания уступа волнами. Грунты размываются, теряют свою упругость и прочность, вследствие чего происходит обрушение верхней части на пляж. Главной причиной волнового действия является поперечное расположение берегового уступа



к восточному ветру «Евгей». При скорости ветра от 2,5...3 м/с, вызываемое волнение достигает основания уступа, в результате происходит размывание и увлажнение грунтов (промачивание). Данная скорость ветра является достаточной для активной переработки берегов. При более сильных показателях ветра процесс усиливается. Динамика абразии высокая, интенсивная, о чем свидетельствуют останцы, а также выступающий глиняный бенч у основания уступа. Так проведенные полевые мониторинговые исследования позволили зафиксировать расстояние от памятника по перпендикуляру до кромки уступа, в 2018 г. было 19,5 м, в 2019 г стало 5,65 м (рис. 7). Относительная высота уступа в гребневой части равнины достигает 6...7 м. В юго-западной части описываемого побережья уступ имеет осложненную структуру – телом обвалов, нишами вымывания, останцами, в основном фундаментом основания. Вблизи кромки уступа наблюдаются трещины. К западу наблюдается понижение уступа до 0,5 м, которое также подвержено денудации. На расстоянии 10 м наблюдается вынос оплывин и сухого тростника, о чем свидетельствует низменность данного берега, которая затопливается при более высоких волнах. Переработка берегов сокращает площадь территории земельных угодий данной равнины.



*Рис. 7. Переработка берегов на северо-западном побережье с выработкой 7 м. абразионного уступа: а) 18 июня 2018 г.; б) 22 июня 2019 г.*

**Процесс дефляции** участвует в формировании современного облика песчаных эоловых массивов Бармаккум и Косайшагыл. Песчаные массивы хорошо закреплены растительностью, однако встречаются участки вторичного развевания. Сильные ветры обуславливают интенсификацию процесса дефляции. Среди закрепленных песков имеются массивы, подверженные развеванию и перестройке – характерны котловины выдувания, ветровая рябь и песчаные гребни на вершинах барханов. Дефляционные процессы, имеют площадное распространение. Нарушение растительного покрова песчаных массивов бессистемным выпасом скота также способствует переработке эоловых песков. Развитое

на предгорных наклонных равнинах орошаемое земледелие нарушило гидрогеологические условия, что повлекло за собой активизацию процессов дефляции. Особенно дефляционные процессы усиливаются отгонным животноводством, посредством вытаптывания и перевыпаса пастбищ прилегающих к загонам и зимовкам (рис. 8).



*Рис. 8. Дефляционные процессы вблизи зимовки, ур. Косайшагыл.*

**Плоскостной смыв** является одним из господствующих процессов. Развитие процесса зависит от интенсивности атмосферных осадков, строения рельефа, литологии пород и состояния растительного покрова. Усиленная эрозия возникает при крутизне склонов свыше  $3...5^{\circ}$  и особенно интенсивна при крутизне  $12...15^{\circ}$  и более. Активизация процесса приходится на период весеннего половодья и время ливневых дождей. В песчано-глинистых грунтах плоскостной смыв приводит к образованию рытвин, оврагов и общей нивелировке рельефа. Овражная эрозия интенсивно развивается в лесовидных суглинках аллювиально-пролювиального генезиса. Хозяйственная деятельность зачастую становится причиной возникновения оврагов. На каналах мелиоративной сети развивается линейная и боковая эрозия. На автодорогах расположенных вблизи оросительных каналов возникают деформации полотна и размыв придорожных кюветов.

**Эрозионная деятельность рек и временных водотоков.** Процессы боковой эрозии прослеживаются на всех основных реках, впадающих в оз. Алаколь. Морфометрические условия (перепад высот, уклон, экспозиция), а также легкоразмываемые осадочные породы, способствуют распространению процессов боковой эрозии. Эрозионная деятельность временных водотоков формируют сеть сухих борозд и русел, приуроченных к делювиально-пролювиальной наклонной равнине, конусам выноса, аллювиально-озерных равнин, а также озерно-болотной плоской равнине залива Киши Алаколь (рис. 9). Русловая эрозия проявляется во время весеннего половодья и ливневых дождей, что

приводит к подмыву и обрушению берегов. Результатом проявления речной эрозии здесь являются отмели, расширенные пойменные террасы [5]. Смытый осадочный материал выносится на побережье озера, где мелкодисперсные отложения уходят в осадок на дно водоема, а гравийно-галечник и разнозернистый песок вовлекаются в аккумулятивно-эрозионную деятельность прибрежных процессов.

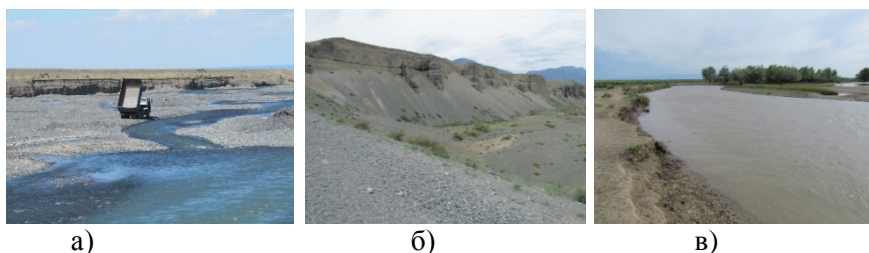
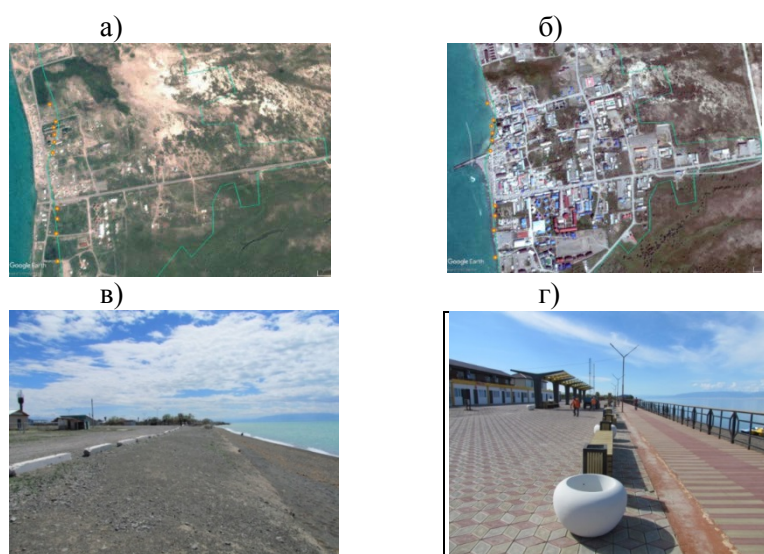


Рис. 9. Процесс боковой речной эрозии, а) левый эрозионный борт р. Жаманты в среднем течении, б) правый эрозионный борт р. Ырғайты в среднем течении, в) левый эрозионный борт р. Катынсу.

Реки с истоком в горах Тарбагатай имеют самую длинную протяженность и значительный водосборный бассейн. Описываемое северо-восточное побережье озера Алаколь отдалено от предгорий и гор на расстояние от 70 до 180 км. Значительная протяженность и уклоны позволяют рекам донести мелкие обломочные породы в твердом стоке до базиса эрозии и сформировать дельтовые наносы в пределах береговой зоны озер. Незначительные расстояния между склонами гор Жетысу Алатау, Барлык и озерной системой (от 14 км до 22 км) обозначили нынешний облик береговой зоны оз. Алаколь. Близкие расстояния и высокая энергия рельефа сформировали значительные конусы выноса из обломочного материала. Подошва шлейфа конусов выноса южного и юго-западного побережий озера отчетливо окаймляет береговую линию и диктует современный облик и литологическое строение береговой зоны.

**Техногенная деятельность.** В последние десятилетия, благодаря высокому туристскому потенциалу озера Алаколь, прибрежная зона значительно подвергается антропогенному воздействию. Происходит увеличение площади инфраструктурного освоения побережья, в целом техногенные процессы приобретают значительные масштабы на исследуемой территории. Застраиваются земли побережья инфраструктурными и рекреационными объектами. Общая площадь освоения прилегающей суши к озеру по данным анализа космоснимков

достигает 10 км<sup>2</sup>, протяженность пляжей и аккумулятивных кос используемых в пляжном отдыхе достигают 21 км (рис. 10).

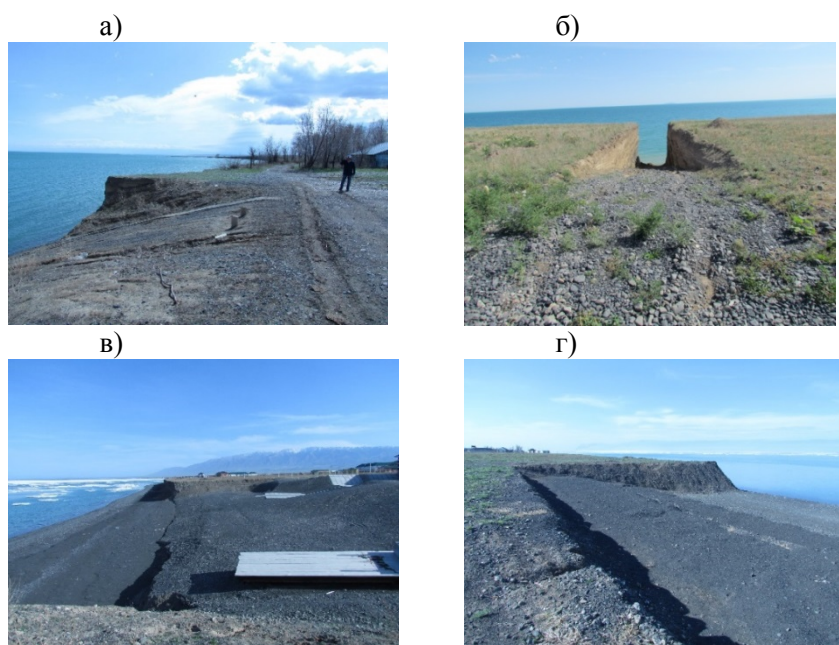


*Рис. 10. Курортная зона с. Кабанбай (восточный берег), изменение площади рекреационной зоны: а) 2003 г.; б) 2017 г.; трансформация прибрежной полосы суши: в) искусственно выровненная поверхность берегового клифа 2013 г., г) обустроенный набережный променад 2018 г.*

Основные участки техногенной деятельности расположены на современных курортных зонах побережья озера – это рекреационная зона сел Акши и Коктума в Алматинской области (юго-западный берег), рекреационная зона с. Кабанбай, Восточно-Казахстанской области (восточный берег). Многие рекреационные объекты на побережье озера реализуются в рамках государственных программ развития туристской отрасли. Однако, принимаемые административные меры не всегда учитывают необходимость разностороннего подхода к освоению туристского потенциала, в частности, прибрежных территорий. Они включают обязательное проведение комплексных научно-прикладных исследований природных условий.

Крупные гостиничные комплексы, в целях ландшафтного проектирования, обустройства и строительства набережной, и обеспечения доступа отдыхающих к пляжу (с учетом высокого берегового уступа 1...9 м), производят значительные техногенные нарушения подстилающего грунта берегов. Тяжелой техникой искусственно

выполаживают и изымают грунт берегового клифа на всю длину используемого берегового участка и на ширину в сторону суши на несколько десятков метров (рис. 11). Гостевые дома также повсеместно создают искусственные пологие спуски или оборудуют их деревянными лестницами.



*Рис. 11. Антропогенное выполаживание берегового уступа (а, б – с. Коктума; в, г – рекреационная зона с. Акиш).*

Вдоль берега в с. Кабанбай построен современный набережный променада, в 2019 году его увеличили еще на 400 метров. Вместе с данными реконструкциями техногенно трансформируется и прибрежная полоса суши, изменяются морфометрические и морфологические условия рельефа. Вне набережного променада, производится отсыпка грунтом русел мелких водотоков и болотистой местности, образованного между пляжем и прибрежной сушей для строительных работ. Значительно видоизменяется природный облик побережья (рис. 10 в, г).

Степень негативного воздействия на развитие экзогеодинамических процессов прибрежной зоны озера Алаколь зависит от количества отдыхающих людей, интенсивности использования и благоустроенности рекреационной территории, т.е. степени развития рекреационной инфраструктуры. При отсутствии рекреационной

инфраструктуры возрастает количество неорганизованных (самодельных) отдыхающих, которые стихийно осваивают рекреационные территории, нарушая их естественное состояние (Табл. 2.) Решение проблемы рекреационного природопользования требует, с одной стороны, решения задачи полного удовлетворения рекреационного спроса отдыхающих и, с другой стороны, нормирования рекреационных нагрузок на территориальные рекреационные системы [10].

Таблица 2

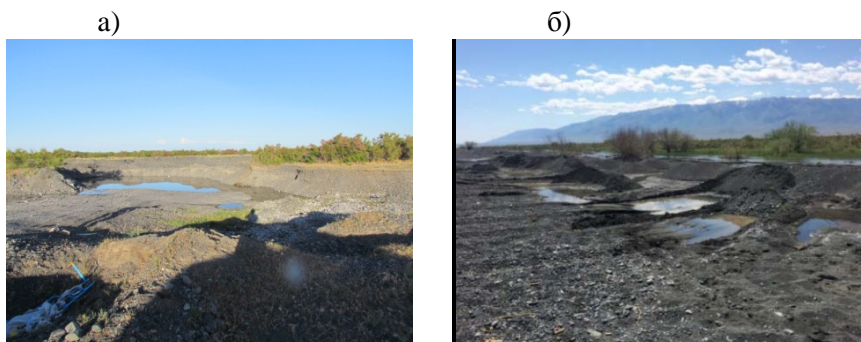
Изменение окружающей среды в процессе рекреационного природопользования [15]

Компонент	Последствия влияния туризма	Причина
Почва	Потеря плодородных слоев. Уменьшение рыхлости. Изменение влажности, температуры микрофлоры	Вытаптывание, уплотнение почвенного покрова
Растительность	Изменение видового состава, распределения по ярусам пространственной структуры индивидуальных характеристик растений	Вытапливание, сбор растений и их частей (корни, плоды, цветы) для различных целей, лесные пожары и т.д.
Водная система	Изменение характеристик береговой линии, характеристик дна. Увеличение количества отложений и мутности. Изменение органического, химического состава	Вытапливание, вырубка лесов, строительство плотин и водохранилищ и т.п.

**Добыча полезных ископаемых.** Выявлена бесконтрольная добыча аккумулятивных аллювиальных и озерных отложений (строительный инертный материал: песок, гравий), с территории береговых кос, дельты р. Жаманты, русла р. Тасты и др., мест обитания и гнездования водоплавающих и околоводных птиц. Происходит техногенное негативное воздействие на прибрежные экосистемы, страдает древесная и кустарниковая дельтовая растительность, нарушается поверхностная рельефная среда, провоцирующая развитие эрозии и деградации земель, нарушается поверхностный сток протоков реки (рис. 12).

Стихийные изъятия гравийно-галечникового материала из пляжной зоны и косы дельты р. Жаманты негативно влияет на вдольбереговую перенос осадочного материала. Недостаток поступления природного обломочного материала в прибрежную зону может повлиять

на сокращение ширины пляжа денудационных берегов, из-за чего может усилиться переработка берегов.



*Рис. 12. Нарушенный ландшафт дельты р. Жаманты в результате добычи гравийно-галечникового материала.*

В обзорной статье авторы попытались обратить внимание общественности на современные экзогенные рельефообразующие процессы побережья оз. Алаколь. Отличительной чертой рельефообразующих процессов в прибрежной зоне оз. Алаколь, по результатам проведенного исследования, является их динамичное развитие и проявление. Этому способствуют природные факторы, включающие региональное изменение климата, ветро-волновые условия, морфометрия территории и геология, а также усиливающее влияние техногенное освоение территории для развития рекреационных, транспортных и других инфраструктур. Понимание природы развития рельефообразующих процессов является основой устойчивого природопользования на побережье оз. Алаколь, особенно это необходимо в условиях интенсивного освоения туристско-рекреационного потенциала озера.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джуркашев Т.Н. Антропогенная история Балхаш-Алакольской впадины. – Алма-Ата: Наука, 1972. – 126 с.
2. Евсева Н.С., Окишев П.А. Экзогенные процессы рельефообразования и четвертичные отложения суши: учеб. Пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2010. – Ч.1. – 300 с.
3. Инженерная геология СССР. Т. 6. / Под ред. Дмитровского В.И. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. – 296 с.

4. Инженерная геология СССР. Урал, Таймыр и Казахская складчатая страна / Под ред. Бочкарева В.П. и др. – М.: Недра, 1990. – 408 с.
5. Казанская Е.А. Морфология и динамика берегов озера Алаколь. «Алакольская впадина и ее озера» // Вопросы географии Казахстана / Под редакцией Н.Н. Пальгова. – Вып. № 12. – Алма-Ата, 1965. – С 88-121.
6. Коровин В.И., Курдин Р.Д. Уровненный режим Алакольских озер. «Алакольская впадина и ее озера» // Вопросы географии Казахстана. /Под редакцией Н.Н. Пальгова – Вып. № 12. – Алма-Ата, 1965. – С. 122-140.
7. Митрофанова А. Н., Калита Р. Ш., Беккулиева А. А., Халыков Е.Е., Досболлов У.К. Мониторинг площадного развития геоморфологических процессов на ключевых участках Алматинской области при полевых исследованиях 2012-2014 гг. // Международная научно-практическая конференция «Антропогенная трансформация геопространства: история и современность» – Волгоград. 2016 г. – С. 99-109.
8. Митрофанова А.Н., Калита Р.Ш. Развитие антропогенных процессов на территории Алматинской области. // Известия НАН РК серия геологическая. –№ 4. – 2014 г. – С. 74-79.
9. Митрофанова А.Н., Калита Р.Ш., Валеев А.Г., Абитбаева А.Д., Беккулиева А.А., Шарапханова Ж.М., Уксукбаева С.А. Геоморфологические и инженерно-геологические условия четвертичных отложений Алакольской впадины // Вопросы географии и геоэкологии. – №3. – Алматы. – 2018. – С. 94-103.
10. Мукаев Ж.Т. Геоэкологическая оценка территориально-рекреационных систем бассейна озера Алаколь. Дисс. на соискание уч. степени доктора философии (PhD). – Астана. – 2015. – 171 с.
11. Природные опасности. Раздел «Природные опасности на крупных водоемах» / Отчет о НИР, отв. исп. Благовещенский В.П. – Алматы. – 2011. – 47 с.
12. РГП «Казгидромет». Данные. [Электронный ресурс], <https://www.kazhydromet.kz/uslugi/Price>. Режим доступа – платный.
13. Токпанов Е.А., Сарбасов Е.К. Значение рапы и лечебных грязей месторождения «Коссор» для развития лечебно-оздоровительного туризма. [Электронный ресурс]: [http://www.rusnauka.com/5\\_SVMN\\_2013/Geographia/2\\_128921.doc.htm](http://www.rusnauka.com/5_SVMN_2013/Geographia/2_128921.doc.htm).
14. Филонец П.П. Морфометрия Алакольских озер. «Алакольская впадина и ее озера» // Вопросы географии Казахстана. /Под редакцией Н.Н. Пальгова. – Вып. № 12. – Алма-Ата, 1965. – С. 79-87.



15. Храбовченко В.В. Экологический туризм // Учебно-методическое пособие. М.: Финансы и статистика, 2003. – 208 с. [Электронный ресурс]. <https://buklib.net/books/27194/>.
16. Цифровой атлас озер РК [Электронный ресурс]. <http://elake.geoset.kz/Lakes/Map>
17. Valeyev A.G., Akiyanova F.Zh., Abitbayeva A.D., Khalykov Ye.Ye., Togys M.M.. Development of abrasion shores of Alakol "lake according to the field research materials // News of the National Sciences Academy of the Republic of Kazakhstan. Geology and Technique sciences part. – Almaty, 2019. – №. 1 – pp. 195-205.
18. Valeyev Adilet, Karatayev Marat, Abitbayeva Ainagul, Uxukbayeva Saule, Bekursynova Aruzha and Sharapkhonova Zhanerke. Monitoring Coastline Dynamics of Alakol Lake in Kazakhstan Using Remote Sensing Data // Geosciences. MDPI, Switzerland. – 2019. – Volume 9. – Issue 9. 404 p. <https://doi.org/10.3390/geosciences9090404>

Поступила 10.07.2020

Доктор геогр. наук, проф. Доктор PhD, проф.	Ө.Ф. Валеев Ф.Ж. Акиянова Ж. Сагинтаев
--	--

#### **АЛАКӨЛ КӨЛІНІҢ ЖАҒАЛАУ АЙМАҒЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЖЕР БЕДЕРІНІҢ ҚАЛЫПТАСУЫНДАҒЫ ҮДЕРІСТЕРІ**

**Түйінді сөздер:** жер бедерінің үдістері, жағалау, Алакөл көлі

*Мақалада Алакөл көлдің жағалауының қазіргі жер бедерінің үдерістерінің далалық және камералдық зерттеулерінің нәтижелеріне шолу жасалған. Қазіргі уақытта жағалаудағы жер бедерінің қалыптасуындағы үстемдік үдерістері: су басу және батпақтану, жағалаудағы жарды шайып кету, толқын құбылыстары, сортаңдану және тұздану, дефляция, жазық шайылу, өзеннің бүйір және арналық эрозиясы және техногендік белсенділік. 50 жылдан астам уақыт бұрын алынған рельефтің алдыңғы сипаттамаларымен алынған мәліметтерді есепке ала отырып, әр үдерістің мазмұнды талдауы көрнекі фотоматериалдардың сүйемелдеуімен жағалаудың экзогеодинамикасының қазіргі шарттарын ашып көрсетеді. Зерттеудің негізгі идеясы аумақты техногендік игерудің күшейіп келе жатқан жағдайында жағалаудың жер бедерінің*

қалыптасуындағы жетекші процестерін анықтау және жұртшылыққа ұсыну.

A.G. Valeyev, F.Zh. Akiyanova, Zh. Sagintayev

## **THE COASTAL ZONE OF ALAKOL LAKE MODERN RELIEF-FORMATION PROCESSES**

**Key words:** relief-formation processes, coast, Alakol lake

*Alakol Lake coastal changes with the recent relief-forming processes were investigated by this research work on the East Central Kazakhstan. The coastal relief formation is under flooding and waterlogging impact, which retreat of coastal bluff, intensify the salt marsh formation and salinization, increase the planar flushing, river lateral and channel erosion. Anthropogenic coastal distractions by human activities are also increased. The coastal changes were analyzed with evidences of the current field collected data and previous relief characteristics obtained more than 50 years ago, accompanied by visual photographs, openly reveals the current conditions of coastal exogeodynamics. This study will be helpful to the public to review the leading processes of coastal relief formation caused by increasing costal anthropogenic distractions.*

Геогр. ғылымд. канд.  
PhD

Е.Е. Халыков<sup>1,2</sup>  
Ю.Ф. Лый<sup>3</sup>  
Е.Х. Какимжанов<sup>4</sup>  
М.М. Макимбаева<sup>3</sup>  
Ж.М. Шарапханова<sup>3</sup>

### ЖЫРАЛЫҚ ЭРОЗИЯНЫҢ ДАМУЫН ЖЕРҮСТІ ЛАЗЕРЛІК СКАНЕРЛЕУ ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕУ

**Түйін сөздер:** жыралық эрозия, жыралар, жерүсті лазерлік сканерлеу, ғарыштық түсірілімдер, Мұқыр өзені, Жетісу Алатауы

*Қазіргі уақытта жер бедері мен басқа да объектілерді зерттеуде тез дамып келе жатқан әдістердің бірі жерүсті лазерлік сканерлеу әдісі (ЖЛС) болып табылады. Жерүсті лазерлік сканерлеу әдісінің тиімділігіне үлкен зерттеу аумақтарын қысқа мерзімде көптеген ақпарат жинап жылдар бойы мониторинг жүргізуін жатқызуға болады. Жерүсті лазерлік сканерлеуді қолдану жаратылыстану ғылымдарында және табиғатты зерттеуде, әсіресе Батыс Еуропада, АҚШ-та және басқа дамыған елдерде белсенді дамып келеді.*

*Мақалада жыраларда жүргізілген ЖЛС әдісінің негізгі кезеңдері және олардың қалай іске асырылғаны сипатталады. Жыраның егжей-тегжейлі сандық үлгісін алу үшін жоғары дәлдікті 3D RIEGL VZ-4000 лазерлік сканері, алынған деректерді өңдеу үшін RiscanPro бағдарламасы пайдаланылды.*

*2017...2019 жж. күз мезгілінде Мұқыр өзені аңғарындағы (Алматы облысы, Көксу ауданы) жыралық эрозияға ЖЛС әдісімен және ғарыштық түсірілімдерді пайдаланып зерттеулер жүргізілді. Бұл аңғардағы жыралардың басым бөлігі негізінен флювиалдық үдерістердің ықпалынан бастапқы және терең бөліктерінің өсуі байқалатын дамушы жыралар болып табылады.*

<sup>1</sup>Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>3</sup>«География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

<sup>4</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*Мақала ЖЛС әдістерінің далалық және камералдық зерттеулерінің нәтижелерінен тұрады. Жыралық эрозияның дамуына ықпал ететін факторлар көрсетіліп, заманауи құралдар мен ғарыштық түсірілімдердің негізінде алынған жыралардың морфометриялық сипаттамалары берілген.*

*Осы аймақтағы жыралық эрозияны экологиялық қауіпсіз мақсаттағы табиғи ортаға рұқсат етілген жүктемелерді жоспарлау қажеттілігімен анықталады. Жыралық эрозия қазіргі уақытта эрозияға ұшыраған жерлердің ауданы ұлғайып, салдарынан олардың өнімділігі төмендеп жатқан тау бөктеріндегі және жазықтық аудандарда едәуір қауіпті. Жыралық эрозияның пайда болу нәтижесінде тек экологиялық (құнарлылығын жоғалту) қана емес, сонымен қатар экономикалық залал (ауыл шаруашылығы өндірісі тиімділігінің төмендеуі) туындайды.*

**Кіріспе.** Жыралар түзілімі тау жыныстарының еріген және жаңбырлы сулардың уақытша ағындарымен жер үсті шайылуына байланысты қалыптасқан күрделі бедер түзуші үдеріс болып табылады. Жыралар өзен аңғарларының, сайлардың, құрғақ аңғарлардың баурайларында табиғи жағдайларда, қала маңындағы аймақтарда, кенттер маңында өсімдіктердің деградациялануы кезінде, сондай-ақ пайдалы қазбаларды өндіру және құрылыс кезінде жерді шаруашылық пайдалану нәтижесінде пайда болады.

Жыралар Қазақстанның оңтүстік-шығысында орналасқан Жетісу Алатауының таулары мен тау бөктеріндегі бедердің кең тараған деструктивті формаларының бірі болып табылады. Бұл аумақтар қолайлы табиғи жағдайларына байланысты мыңжылдықтар бойы адамның шаруашылық жүргізген орны болып табылады. Жер бедеріне антропогендік жүктемені күшейту жыралық эрозияның қалыптасуына ықпал етеді, әсіресе Мұқыр өзенінің аңғарында ғарыш түсірілімдерін пайдалану арқылы өзгерулердің белсенді дамуы анықталды. Анықталған белсенді жыраларға олардың дамуының әртүрлі кезеңдерін тіркеу үшін репер нүктелерін қолданып жартылай стационарлық бақылау жүргізілді. Сонымен қатар 2017...2018 жж. күз мезгілінде Мұқыр өзені аңғарындағы (Алматы облысы, Көксу ауданы) жыралық эрозияға ЖЛС әдісімен зерттеулер жүргізілді.

Мұқыр өзенінің бастауы Жетісу Алатауының батыс бөлігінде Шаған тауларында (2551 м) орналасқан, Қаратал өзенінің алабындағы

Быжы өзеніне құяды. Мұқыр өзенінің суы жеміс-жидек, жемшөп және дәнді дақылдар өсірілетін фермерлік шаруашылықтар мен бақтардың алқаптарын суару үшін пайдаланылады.

Алдымен Мұқыр өзенінің аңғарындағы жыралардың дамуын бақылау үшін ғарыштық түсірілімдерді пайдаланып, өзгеріске ұшыраған жыралар анықталды, содан кейін ЖЛС әдісін қолданып жыралардың шайылу көлемі есептелді.

ЖЛС – сканерден объектінің нүктелеріне дейінгі қашықтықты жоғары жылдамдықпен өлшеу және тиісті бағыттарды тіркеу. ЖЛС-ді іске асыру кезінде объектіні толық түсіру принципі қолданылады, бірақ оның жеке нүктелері мен бөлшектерін емес, осының нәтижесінде – объектінің үш өлшемді суреті жасалынады. Олар скан деп аталады. ЖЛС технологиялары алғашында геодезияда пайда болды және бұл олардың қолданылуына байланысты: топографиялық түсіру, құрлыс, күрделі инженерлік құрылымдарды сканерлеу және т.б. Табиғи ортаны зерттеулерде ЖЛС технологиясын қолданылған негізгі салалық бағыттар келесілер: гидрологиялық зерттеулер [12]; жер жамылғысы [5]; гляциология [4]; жер сілкіністерін зерттеу [6]; жағалау аймақтарына мониторинг жүргізу [9, 10]; сырғыма процестерін зерттеу және бақылау [2, 11]; геологиялық зерттеулер [14].

Авторларының жұмыстарында[3] ЖЛС әдісін қолдану арқылы Миннесота штатының (АҚШ) солтүстік бөлігіндегі сулы-батпақты алқаптардың микро топографиялық өзгергіштігі зерттелген. Олар сулы-батпақты алқаптардың микро топографиялық құрылымын сандық анықтаудың жаңа әдісін ұсынған және шамамен 1 см ұсақ бөлшектері бар бедердің сандық үлгісін (БСУ) құрастырған. Нәтижесінде 1 см жоғары ажыратымдылығы бар ең дәл микро топографиялық беттің үлгісі алынды (ығысу =  $1,26 \pm 0,1$  см). Зерттеу нәтижелері 1...10 см жоғары рұқсат етілген жоғарғы қабаттың үлгілері (сулы-батпақты алқаптар) тік және көлденең микро топографиялық құрылымды дәл түсіріп алу үшін қажет екенін көрсетті, және де үлгінің қателігі БСУ рұқсатын азайтумен ұлғаяды. Бұл әдісті қашықтан зондылаудың ұқсас платформаларына қолдануға болады [3].

Қазіргі уақытта ЖЛС әдісін қолдану арқылы жыралық эрозия үдерістерін зерттеу жұмыстары жиі жүргізілуде. Қытайлық мамандар Лесс үстіртіндегі өзендер мен жыралардың ұзындығын және ауданының өзгеруін ЖЛС әдісімен бірге QuickBird жасанды жер серігінің түсірілім суреттеріне негізделген эрозияны бағалау моделін құрастырған. Қытайдың

солтүстігіндегі Шэньси провинциясындағы 44 аңғардың жағалауларының морфологиялық сипаттамалары 3-өлшемді сканердің көмегімен зерттелді. Аңғарлардың өткізгіш көлемі мен ұзындығы арасындағы қуат функциясының байланысы бұл аймақта жоғары эрозиялық қауіптілік барын көрсетті және айтарлықтай бір-бірімен байланысты екенін анықтады [16].

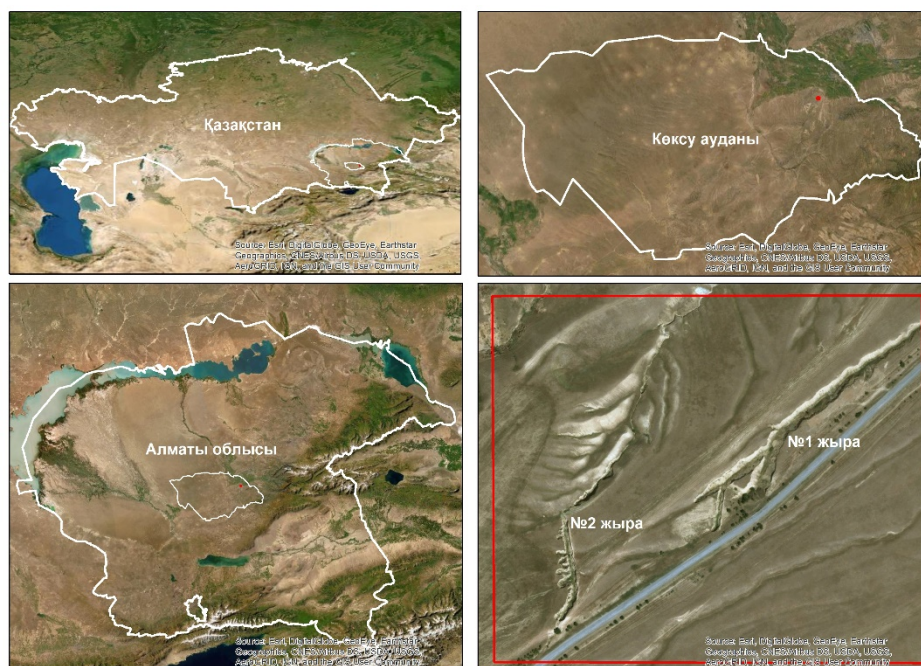
Әуедегі лазерлік сканерлеу (ӘЛС) және ЖЛС технологиялары жер бетінің топографиясын кеңістікте егжей-тегжейлі бағалауға мүмкіндік береді және көп уақытта жиналған сканерлеу мәліметтерінен геоморфологиялық өзгерісті бағалау үшін пайдалануға болады. Аустралияның солтүстік-шығысындағы Квинсленд штатындағы Аратула аумағындағы жыралық эрозияның дамуын 1 жыл ішінде ӘЛС және ЖЛС әдістерін қолдана отырып, қай әдістің дәлірек сандық мәлімет беретінін анықтады. Осы әдістерді қолдану нәтижесі бойынша ӘЛС әдісі жыралардың 10 м жоғарғы ұзындықтағы бірнеше жылдық үлкен өзгерістерді жақсы көрсетсе, ЖЛС әдісі ұсақ жыралардың жауын-шашын салдарынан бір жыл ішіндегі 0,45 м төмен өзгерістерін көрсете алды. ЖЛС жыл сайын жыралардың неғұрлым аз өзгерістерін анықтай алды, бірақ кеңістіктегі шектеулер бар. ЖЛС және ӘЛС зерттеулері бір-бірін толықтыратын қосымша технологиялар және бірге қолданылған кезде әртүрлі уақыттағы және кеңістіктік масштабтағы табиғи арықтар мен жыралардағы эрозиялық үдерістерді неғұрлым егжей-тегжейлі түсінуге мүмкіндік береді [8].

**Зерттеу аумағы.** Географиялық орналасуы бойынша бұл аумақ Жетісу Алатауының батыс сілемдері, аздап бөлінген орташа-ұсақ таулар (Жаңабай, Албасу, Жуантөбе таулары), теңіз деңгейінен 900 м-ден 1600 м-ге дейінгі абсолюттік биіктікте орналасқан. Бедер тегістелген көлбеу аңғарлар мен сайлар жүйесімен күрделенген, салыстырмалы биіктігі 200...250 м-ден аспайды (1-сурет).

Геоморфологиялық аудандастыру бойынша зерттеу аумағы Қазақстанның оңтүстік және оңтүстік-шығысындағы орогендік белдеу аймағына, үлкейтілген геоморфологиялық аймаққа – Жетісу Алатауының жоталары мен тау бөктеріне жатады [1]. Морфогенетикалық түріне сәйкес бұл денудация бетіне жиналған жинақтаушы бедер. Бұл көптеген таулы, көбінесе құрғақ шатқалдар мен солтүстік бағытта басым болатын уақытша ағындардың аңғарлары бар төбелі-бедерлі бедер.

Беті сұр-сары түсті, төрттен бірі саздақтармен, ірі малтатастармен және құмдармен құралған. Саздақтардың қуаты 2,55 м-ден 3,10 м-ге дейін

ауытқиды, орташа 2,87 м. Инженерлік-геологиялық жағдайлар мен бедер түзуші үдерістерге физикалық үгілу, жазықтық шайылу, бүйірлік эрозия, жыралық эрозия, орташа қарқынды жаңбырмен қоректенетін селдер, сел тасқындары, су ағындары (қатты ағынмен және кездейсоқ көрінісі), жартасты жыныстардағы шөгінділер, жартасты жыныстардағы опырылым, көшкіндер, қар көшкіндері жатады. Бұл үдерістер бір уақытта бедерді өзгертеді және заттың қайта орналасуына қатысады, яғни учаскенің қазіргі заманғы бедерін қалыптастыруға бір мезгілде денудация және шоғырландыру үдерістері қатысады.



Сур. 1. Жыраларға зерттеулер жүргізілген аудан.

Ауданның климаты континентальды, үлкен тәуліктік және жылдық ауа температурасының амплитудалары, орташа суық қыс және ұзақ ыстық жаз тән. Ауаның орташа жылдық температурасы  $+6...9^{\circ}\text{C}$ , жылдық жауын-шашынның орташа жылдық жиынтығы 380 мм. Жыра пайда болуының маңызды факторларының бірі гидрометеорологиялық жағдайлар болып табылады: жауын-шашын мөлшері, олардың қарқындылығы және уақыт бойынша бөлінуі. Жауын-шашын мөлшері мен жыралардың сызықтық өсуінің өзара байланысын анықтау үшін зерттеу кезеңіндегі атмосфералық жауын-шашынның жиынтық саны есепке алынды.

**Зерттеудің өзектілігі.** Осы аймақтағы жыралық эрозияны экологиялық қауіпсіз мақсаттағы табиғи ортаға рұқсат етілген

жүктемелерді жоспарлау қажеттілігімен анықталады. Жыралық эрозияның салдарынан қазіргі уақытта эрозияға ұшыраған жерлердің ауданы ұлғайып, олардың өнімділігі төмендеп, тау бөктеріндегі және жазықтық аудандарда қауіп туғызуда. Жыралық эрозия тек экологиялық (кұнарлылығын жоғалту) қана емес, сонымен қатар экономикалық залал (ауыл шаруашылығы өндірісі тиімділігінің төмендеуі) тудырады.

**Зерттеу материалдары мен әдістері.** Далалық-аспаптық әдістерімен жыраларды зерттеу учаскелерінде, жергілікті жердің егжей-тегжейлі сандық үлгісін алу үшін жоғары дәлдікті 3D RIEGL VZ-4000 лазерлік сканері қолдалынып нүктелік бұлттар жасалынды. Деректерді өңдеу үшін RiscanPro бағдарламасы қолдалынды. Картографиялық әдісті, геоақпараттық жүйелерді (ГАЗ), ArcGIS бағдарламасын пайдалана отырып, орта және жоғары шешімді ғарыштық түсірілімдерді дешифрлеу, салыстырмалы, жүйелік талдау және нәтижелерді сипаттау әдістері пайдаланылды.

ЖЛС әдісін қолдану эрозиялық үдерістерді зерттеу кезінде денудация және аккумуляция процесін сипаттай отырып, жергілікті жердің бедерінде өзгерістерді көрсететін жоғары дәлдікпен үш өлшемді деректерді жедел алуға мүмкіндік береді. ЖЛС әдісі эрозиялық үдерістердің, атап айтқанда шайылған топырақ көлемінің, көлденең және бойлық кескіндердің сызықтық өзгерісінің сандық сипаттамаларын анықтауға мүмкіндік берді.

Қазіргі уақытта бедер ортасының өзгергіштігін бағалау, оның ішінде жыралы-сайлы жүйелердің өзгеруін анықтау үшін ЖЛС әдісін зерттеушілер тиімді қолдануда.

ЖЛС әдісі 3 негізгі кезеңнен тұрады: мониторингтік учаскелерді және сканерлеу нүктелерін таңдау; түсірілім жасалынатын нысанның сыртқы беткейін максималды 3D жерүсті лазерлік сканермен түсіру; RiSCAN PRO бағдарламасында алынған деректерді камералдық өңдеу. Лазерлік сканерлеу координаталық-өлшеу жүйелері объектінің нүктелерінің координаталарын оның геометриялық өлшемдерін анықтау мақсатында өлшеуге арналған.

Жыраның 3 өлшемді бедердің сандық үлгісін (БСУ) алу үшін жоғары дәлдікті RIEGL VZ-4000 лазерлік сканері қолдалынды. RIEGL VZ-4000 – бұл жіңішке инфрақызыл лазерлік сәулені іске қосу және жылдам әрекет ететін сканерлеу механизмін пайдалана отырып, жұмыстың жоғары жылдамдығын, деректерді түйіспесіз жинауды қамтамасыз ететін үш өлшемді жерүсті лазерлік сканері. ЖЛС құралының әрекет ету принципі



кеңістіктегі нүктелердің координаталарын полярлық әдіспен өлшеу болып табылады. Қашықтықты өлшеу сигналды цифрлау технологиясы бар импульстік әдісті пайдаланатын лазерлік ара-қашықтықты өлшеуішпен жүргізіледі [13].

*Далалық жағдайда ЖЛС үшін дайындық жұмыстары.* Аспаппен ең қарқынды бедер түзуші үдерістерді барынша қамту және сканермен түсірілмеген беттерді (қара дақтар) азайту үшін Google Earth ресурстарында, ғарыштық түсірілімдер мен топографиялық карталар бойынша зерттелетін аумаққа алдын ала барлау жүргізіледі. Дайындалған карта-сызбаларда сканерлеу нүктелері (сканпозициялар) жазылады, бірақ жергілікті жерде немесе дұрыс емес картографиялық материалдар өзгерген жағдайда сканерлеу нүктелері учаскенің жағдайына байланысты далалық кезеңде түзетіледі.

Даладағы ЖЛС дайындық жұмыстары кезінде жыралы-сайлы жүйелерді сканерлеу үшін келесі өлшемдер анықталды: нысанға дейінгі ең аз арақашықтық (5 м); нысанға дейінгі ең үлкен арақашықтық (4000 м); шашыраңқы нысандарды (қабырғалар, бұталар мен ағаштар) бақылау, нысанның бетінде мәліметтердің толық жиынтығын алу; 60° тік вертикальді сканерлеу диапазоны; көлденең қадаммен сканерлеу 0,03° (Frame Res); 200 кHz жиілікті өлшеу бағдарламасы (1...2 км сканерлеу); сканпозициялардың қабаттасуы 10...15%; сканпозициялардасканердің нық тұру жерін анықтау.

*Таңдалған аймақтарды RIEGL VZ-4000 сканерімен жер үсті лазерлік сканерлеу.* Нысандарды сканерлеу, әдетте, зерттелетін табиғи нысанға қатысты сканердің әртүрлі нүктелерінен алынған бірнеше сканерлеу көмегімен жүзеге асырылады (сканерлеу позициялары, 2-сурет). Сканерді «Көрудің тікбұрышты өрісі» режимінде сканерлеуді орнату қажет. Әдетте құрылымдық және сызықтық сканерлер бірдей бұрыштық өсімге орнатылады, сондықтан алынған нүктелік бұлт бұрмаланбайды, бірақ екі осьте де тұрақты бұрыштық торға ие. Тіктөртбұрышты сканерлеу режимінде сканердің бастапқы бөлігінің айналуы, мәліметтерді жинауы және айналдырудың аяқталуы барлық көрініс өрісі сканерленгеннен кейін басталады [13].

*Далалық кезеңде алынған деректерді RiSCAN PRO бағдарламасында камералық өңдеу жұмыстары.* Қысқаша лазерлік сканерлеу деректерін өңдеу келесі құрам-бөліктерден тұрады:

– сканерлеу ұстанымын тіркеу және көп станцияны теңестіру (КСТ);

- біріккен нүктелік бұлт құру; «жаңғырықтан» тазарту; өсімдіктерден және табиғи емес объектілерден тазарту;
- әртүрлі кезеңдердегі нүктелік бұлтты салыстырмалы талдау;
- сандық биіктік үлгісін құру;
- 2 жыл байқау кезінде шайылған топырақ массасының көлемін есептеу.



Сур. 2. Лазерлік сканерлеу жүргізілген Мұқыр өзені аңғарындағы жыр.

Сканерлеу позициясы және КСТ. Сканерлеудің әртүрлі позицияларын жобаның координаталар жүйесінде тіркеу процесіне сәйкес матрица мен сканердің орналасуын анықтау болып табылады. Сканерлеудің бір позициясын жобаның координата жүйесінде тіркеу үшін сканердің меншікті координата жүйесінде байлау нүктелерінің тізімін алу керек. Кейін автоматты тіркеу функциясы бар RiSCAN PRO бағдарламасында барлық сканерлер тіркеледі. Деректерді жазудың бұл түрі пайдаланушының минималды немесе нөлдік араласуымен сканерлеу нүктелерін автоматты түрде тіркеуге мүмкіндік береді. RiSCAN PRO жақын нүктелер алгоритмінің итерациясын қолдана отырып, бірдей нүктелерді автоматты түрде анықтай алады. Бұл басқа нүктелік бұлттардан бірдей нүктелерді анықтау арқылы жүзеге асырылады.

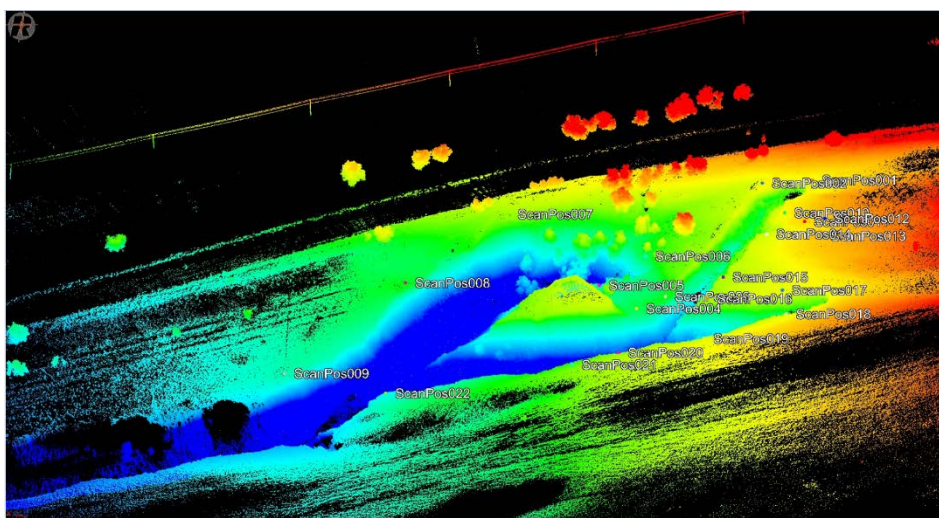
Автоматты тіркелу «Voxels» деп аталады. «Voxels» белгілі бір физикалық өлшемдегі текшелер түрінде метрмен көрсетіледі, үлкен ашық жерлерде сканерлеу үшін 4,0 м өлшемін таңдау керек. Автоматты тіркеу опциясын қолданғанда, біз бағдарлама опциясында қалалық орта емес ашық жер параметрін таңдаймыз. Бұл параметр ашық кеңістіктегі экзогеодинамикалық үдерістерді зерттеуге өте қолайлы.

Белгілі бір аудандарда қабаттасудың болмауы немесе әртүрлі сканерлерде сипаттамалық элементтердің болмауы себебінен «Автоматты тіркеу» әрқашан белгілі бір сканерлеулерді тіркеуді жүзеге асыра бермейді. Бұл жағдайда оператор қолмен көмек опциясын пайдаланады. Қолмен көмек параметрін қолдана отырып, сканерлеу күйлерін қолмен туралауға болады. Егер тіркеу сәтсіз болса, хабарлама әдетте тіркеуді тоқтату үшін тоқтайды және сізге 3D форматындағы бағдар мен орынды өзгерту ұсынылады. Сканерлеудің айналуы мен қозғалыс манипуляцияларынан кейін қолдану түймесін басу арқылы автоматты тіркеу процесі жалғасады. Бұл интегралда сканерлеу позициясын жоғары дәлдікпен орналастыру қажет емес, өйткені дұрыс емес тіркеу кезінде дұрыс орналасу үшін тарту әрекеті орындалады.

Автоматты тіркеу және бағдарлама жұмысына қолмен көмек көрсету опцияларын қолданғаннан кейін КСТ қолданылады. КСТ бірнеше жазылған сканерлеу орындарының арасындағы алшақтықты азайтуға арналған. Ол үшін сканерлеу ұстанымының бағыты мен орналасуы бірнеше итерация нәтижесінде өзгертіледі. Бұл процесті жеделдету үшін нүктелік бұлтты дайындау керек (қысқарту, жеңілдету, азайту). Сканерлеу позицияларын салыстыру үшін байланыс нүктелері, байланыс нысандары және полидата нысандары қолданылады. КСТ бастау үшін алдын-ала деректерді дайындау қажет. КСТ сканерлеу орнын теңестіру үшін сканерленген объектінің беткі (жазықтық) мәліметтерін пайдаланады. КСТ сканерлеу орнын өзгертіп, есептелген ұшақтар арасындағы қашықтықты азайтады. Бұл үшін тиісті беткі тегіс «патчтарды» (БТП) анықтау опциясы қолданылады. Бұл екі немесе одан да көп нүктелік бұлттарды тіркеу үшін қолданылады, нәтижесінде жазықтықты және бетінің қабаттасатын бөліктері анықталады. БТП опциясы нүкте бұлттындағы жазықтарды іздейді. Осы алгоритм – мүмкін болатын ең үлкен мөлшері бар БТП іздеу (мысалы, тегіс біртекті аумақтарда беттер үлкенірек және жиектеріне жақын болады). Сіз минимумнан максимумға дейін реттеу арқылы БТП минималды мөлшерін басқара аласыз.

КСТ бастамас бұрын, барлық қол жетімді сканерлеу ұстанымдарының тізімінен блоктау үшін сканерлеу орнын таңдау керек. Сканерлеудің әр ұстанымының жанындағы тілқатысу терезесінде орын (x, y, z) және бағдарлау (айналу, сырғу, ауытқу) көрсетіледі. Бұл опция әртүрлі сканерлеулерді теңестіру үшін қолданылады. Әдетте түзету үшін барлық басқа позицияларды қамтитын сканерлеу орны қолданылады. Сканерлеудің бір позициясының екіншісіне ауысуын әртүрлі түстер беріп, сканерлеу орны атауының алдына тексеру белгіні қою немесе өшіру арқылы анықтауға болады. Қажетті сканерлеу орнын анықтағаннан кейін ол бұғатталады және реттеу процесі басталады. Бұл параметр қате минимумға жеткенге дейін әр сканерлеу орны мен бағыты туралы ақпаратты өзгертеді. Ол үшін мәліметтер анықтамалық координата жүйелеріне байланыстырылуы керек. Егер сілтеме нүктелері болмаса, кем дегенде бір қарап шығу орнының орналасқан жері мен бағдарын бұғаттау керек. Түзетілген және бағдарланған мәліметтерді содан кейін жобалық бағдарламада сақтауға болады.

*Біріккен нүктелік бұлт жасау.* Тіркеу аяқталғаннан кейін және барлық сканерлеу ұстанымдарын теңеуден кейін біріккен нүктелік бұлт құру керек. Нүктелік бұлт – белгілі бір координаталар жүйесіндегі координаталық мәндері бар нүктелер тобы. Координаталардың мәнін анықтайтын жоғары дәлдіктегі құрылғының болмауына байланысты біз RiSCAN PRO бағдарламалық жобасының координаталар жүйесін қолдандық. Координаталардан басқа, нүктелік бұлттан шыққан әрбір нүкте маңызды қосымша атрибуттарды анықтауға мүмкіндік береді, мысалы, импульстік пішіннің қабілеті мен ауытқуын көрсететін уақыт белгісі, амплитудасы. Біріккен нүктелік бұлтты құру кезінде нүктелердің тығыздығын белгілі бір сантиметр арқылы (x, y, z координаталары бойынша) сиретеміз, біздің жағдайда 5, 10, 20 сантиметр арқылы сирету нүктелік бұлттың салмағын әрі қарай өңдеу және қорытынды сандық деректерді алу үшін жеңілдету үшін жүргізілді. 3-суретте автокөлік жолына жақын орналасқан Мұқыр өзенінің аңғарындағы жыраның лазерлік сканерлеу нәтижесінде құрылған біріккен нүктелік бұлтты көрсетілген. Бұл суреттегі нүктелік бұлтта жыраның өзі, жол бойындағы электр желісінің бағаналары және ағаштар анық көрінеді. RiSCAN PRO бағдарламасының жеке жобаларындағы әр бақылау алаңы үшін құрылған біріккен нүктелік бұлт сандық талдау үшін ыңғайлы монолитті мәліметтер материалы болып табылады.



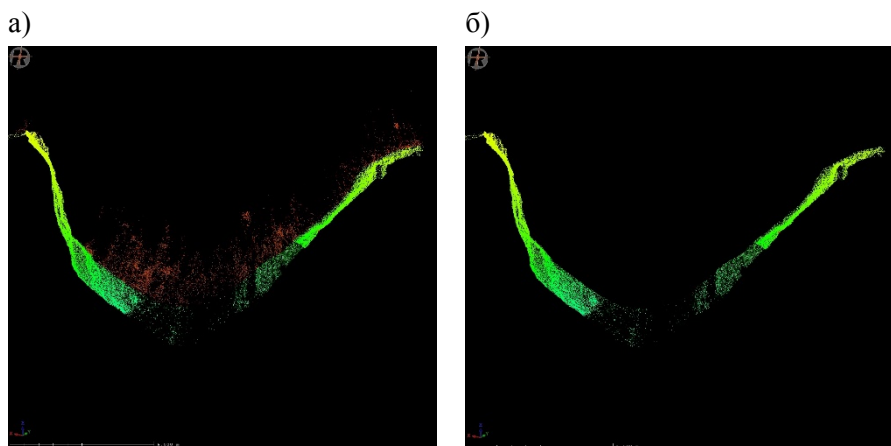
Сур. 3. Жыраның лазерлік сканерлеуден кейінгі жасалынған біріккен нүктелік бұлтты (көк түстен қызыл түске қарай нүктелердің биіктігі жоғарылайды).

«Жаңғырықтан» тазарту. Табиғи нысандарды пайдалы деректермен бірге сканерлеген кезде қосымша эхо-деректер (әртүрлі беттерден шағылысқан сигналдар) түседі. Бұл «жаңғырық» деректерін әрі қарай талдау үшін нүктелік бұлтты өңдеуде қажет емес ақпараттарды жасайды. Сондықтан мұндай «жаңғырық» деректерін жою қажет. Ол үшін құрылған біріккен нүкте бұлттында біз тек «жалғыз» және «соңғы жаңғырықты» қалдырып, «бірінші» және «басқа жаңғырықтарды» жоямыз. Осылайша, әрі қарай өңдеудің ең пайдалы нүктелері біріккен нүктелік бұлтта қалады.

Өсімдіктен және табиғи емес объектілерден тазарту. Ашық жерде сканерлеу кезінде сканер сандық биіктік моделін құру үшін қажет емес көптеген өсімдіктер мен табиғи емес объектілерден шағылысқан сигналдарды алады. Сондықтан бағдарламалық қамтамасыз етуді нүктелік бұлттан өңдеу кезінде, өсімдіктер фильтрінің опцияларын қолдана отырып, өсімдік жамылғысын алып тастаймыз (4-сурет). Табиғи емес нысандар бағдарламада қолмен жойылады, әр нысанды жеке-жеке кесіп тастайды. Өсімдіктер мен табиғи емес нысандарды тазалағаннан кейін, сандық бедерді салу туралы деректер ғана сақталады.

Әртүрлі кезеңдердегі нүктелік бұлтты салыстырмалы талдау. Нүктелік бұлтты әртүрлі кезеңдерге талдау үшін бағдарламалық жасақтамада бір жобадағы әртүрлі кезеңдерге біріккен нүктелік бұлт

шақыру қажет. Бағдарлама жобасында, оның ішінде ұяшық масштабындағы құрал, объектінің биіктігі, ені мен ұзындығының өзгеруі туралы сандық мәліметтерді алуға болады. Сонымен қатар, бір суретте әртүрлі кезеңдерге арналған жоспарлы көріністі, көлденең және бойлық кескіндерді алуға болады.



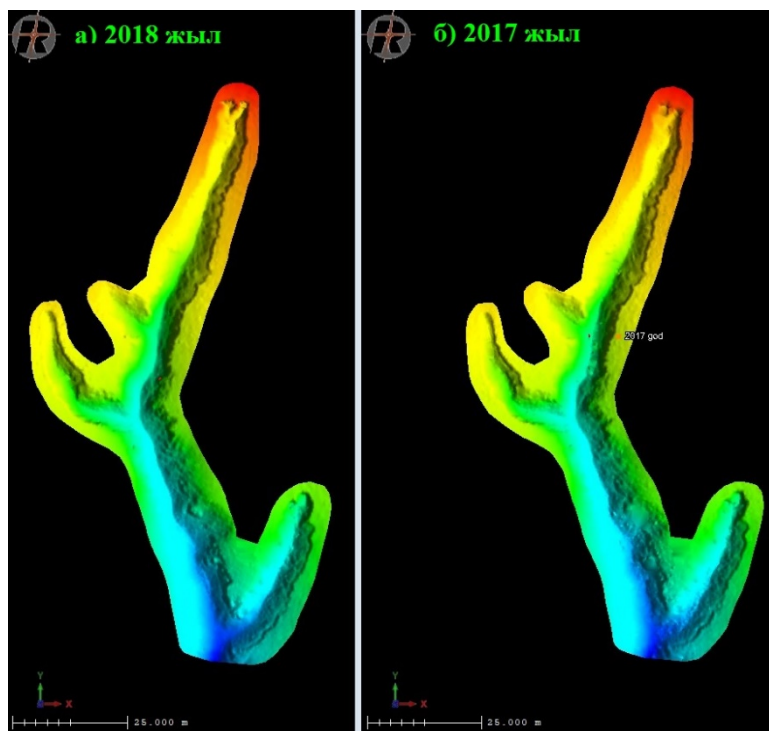
Сур. 4. Жыраның 3D моделіндегі өсімдік сигналдарынан тазалау: а – өсімдікпен, б – өсімдіктерден тазаланған соң (қызыл түсте өсімдіктер).

*Бедердің сандық үлгісін құру.* Болашақта БСҮ құру үшін мәліметтер сүзгісін қолданып полидата құру қажет. Деректер сүзгісінде 2,5D растрлық режимін таңдап, біз полидата аламыз. Әрі қарай алынған полидата Делон триангуляциясы алгоритмі арқылы үшбұрышталады. Делон триангуляциясы тірек жазықтығына айналдырылған шыңдардың 2,5D координаталарынан есептеледі. Бұл есептеу әдісі көлемді есептеу үшін түсірілім (триангуляция) кезіндегі бедердің бетін пайдаланады. Желінің әрбір үшбұрышы тірек жазықтықпен бірге үшбұрышты призманы құрайды. Призмалардың барлық көлемдерінің қосындысы объектінің жалпы көлемін құрайды. Мәліметтерді триангуляциялау нәтижесінде біз одан әрі талдау үшін жыраның БСҮ-ін аламыз (5-сурет).

*2 жылдық бақылау кезіндегі шайылған топырақ массасының көлемін есептеу.* RiSCAN PRO бағдарламасымен есептеу әдісіне байланысты нүктелік бұлттан (сканерлеу немесе полидата нысандары) немесе жасушалардан (тек полидата нысандары) объектілердің көлемін әртүрлі жолмен есептей алады.

Белгілі бір кезеңдегі жырадағы шайылған топырақ көлемін анықтау үшін әртүрлі кезеңдерге БСҮ-ін дайындау қажет. Бір жобада әртүрлі жылдардағы дайындалған БСҮ-ін ашып, көлемді есептеу

опциясын қолдана отырып, кубтық бірлігіндегі сандық деректер алынды (6-сурет).



Сур. 5. 2 жылдағы жыра топырағының шайылуын анықтайтын 3D моделі: а – 2018 жыл, б – 2017 жыл.

Жазықтық пен алынған бет арасында көлем есептеледі. БСҮ-ін көптеген зерттеулерде, соның ішінде геоморфологиялық зерттеулерде қолданылады. Lin z. З. және басқа да ғалымдар өз еңбектерінде БСҮ-ін қолдана отырып, кішігірім тектоникалық-геоморфологиялық ерекшеліктерді және Жапонияның орталық тауларындағы кемшіліктерді анықтады [7]. Басқа жұмыстарда ғалымдар БСҮ түріндегі жер бетіндегі лазерлік сканерлеудің нәтижелерін қолдана отырып, қауіпті үдерістердің алдын алу үшін әртүрлі литологиялық жыныстардың беткейлеріндегі жарықтарды анықтады [15].*Алынған сандық мәліметтер.* Мұқыр өзені аңғарындағы жыралық эрозияны зерттеу жыралардың алаңдық таралуын, олардың өсу жылдамдығын, сондай-ақ оның дамуының басқа да себептерін анықтауға бағытталған. Алынған ЖЛС деректерін қолдана отырып, жекелеген бақылау учаскелерінің бойында Мұқыр өзені аңғарының екі жылдық БСҮ-сі жасалды. Нәтижелер көрсетіп отырғандай, осы қолайлы әдіс көмегімен қарқынды дамып келе жатқан жыраларды тез

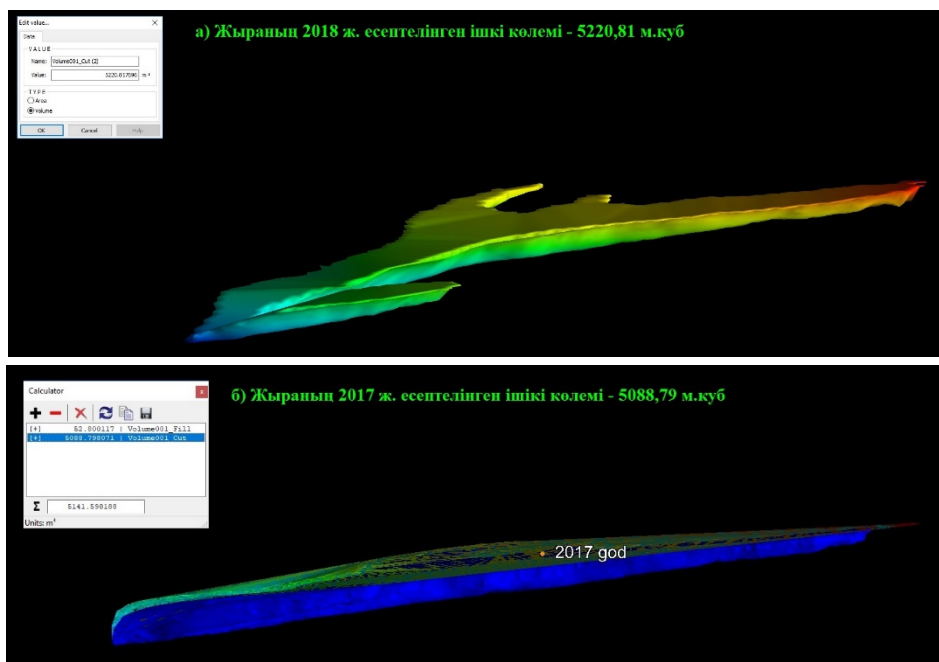
анықтап, сандық мәліметтер алады. ЖЛС әдісін қолдану арқылы алынған әртүрлі жылдардағы сандық биіктік модельдерінің талдауы негізінде топырақ массаларының шайылған көлемінің жылдамдығы және жыра шыңдарының өсуі бағаланды.



*Сур. 6. Жыраның 3D моделінің ішкі көлемін анықтау үшін толтырылған пішін.*

Тасымалданатын материалдың көлемін және жыра шыңдарының биіктігін анықтау үшін шекті айырмашылық әдісіне негізделген аналитикалық шаралар жүргізілді. 2017...2018 жж. зерттелген жыраның негізгі бөлімінде шайылған топырақтың мөлшері 85 м үшін 132,02 м<sup>3</sup> болды (7-сурет). Шайылған жер көлемінің маңызды сандық деректері Мұқыр өзенінің аңғарындағы эрозия үдерістерінің салдары болып табылады. Эрозиялық үдерістерде нөсер жаңбыр кезіндегі су энергиясы жыраның шыңдары, шеткі қырларын, беткейлері мен тальвегтерінің негізін шайып әлсіретеді, бұл олардың морфологиясы мен морфометриясының өзгеруіне әкеліп соғады, нәтижесінде, жыралы-сайлы жүйесінің өзгеруі мен даму динамикасын күшейтеді.





Сур. 7. 2 жылдағы жыра топырағының шайылуын RiSCAN PRO бағдарламасында есептеу нәтижелері: а – 2018 жыл, б – 2017 жыл.

**Қорытынды.** Орындалған жұмыстардың нәтижесі – жыралар өсуінің сандық морфометрикалық деректері болып табылады. Нүктелік бұлт түріндегі жыралардың алғашқы алынған үш өлшемді деректері болашақ бақылаулардың негізі болып табылады. Негізгі учаскеде табиғи жағдайлар кешені мен олардың өзгеруіне байланысты зерттелетін жыралардың әрқайсысының өсу серпіні анықталды. Мұқыр өзенінің аңғарында жыралардың өсуін анықтайтын факторлар субстраттың механикалық құрамы, атмосфералық жауын-шашын (көктемгі су ағысы, жазғы нөсер), тальвег пен беткейлердің ұзындығы болып табылады. Алынған материалдар негізінде жыралық эрозия Мұқыр өзені аңғары бедерін өзгертуші ең қарқынды факторы болып табылады деп айтуға мүмкіндік береді.

Жыралық эрозия – бұл жердің едәуір нашарлауына әкеліп соқтыратын негізгі факторлардың бірі. Салдарынан көптеген ауылшаруашылық жерлерінің сапасы жоғалып, одан қорғауға қосымша қаржылай шығындарға әкеліп соқтырады. Бұл үдерістің қарқынды дамуы аймақтағы табиғи-антропогендік ортаның экологиялық шиеленісін арттырады. Жыра жүйесінің өсуі, оның қарқынды дамуы ауыл шаруашылығы жерлерінің сапасын нашарлатады, жол және

инфрақұрылым объектілеріне қауіп төндіреді. Соңғы уақытта жыралық эрозияға қарсы күрес іс-жүзінде ұйымдастырылмауда, бірақ бұл жағымсыз үдерістің экологиялық және экономикалық салдары Мұқыр өзенінің аңғарына ғана емес, сонымен қатар көптеген өнім шығаратын ауыл шаруашылық жерлері бар бүкіл Жетісу өңірі үшін де маңызды.

Бедер түзуші үдерістерді зерттеуде ЖЛС әдісін жүйелі және ұзақ мерзімге қолдану эрозия үдерісінің қауіптілігін бақылауға, жер бедерінің коршаған ортаның қызметі мен морфометриясының қорытынды сипаттамасын жақсартуға, сонымен қатар олардың дамуын бақылауға мүмкіндік береді. ЖЛС әдісі сандық деректерді алудың және жыра жүйесінің даму заңдылықтарын анықтаудың кең мүмкіндіктерін ашады. Жоғары дәлдікке ие бұл әдіс басқа геоморфологиялық үдерістерді тіркеуге мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері жыралық эрозия үдерісінің қауіптілігін бағалауға, сондай-ақ бейімделген қарсы шараларды жоспарлауға және іске асыруға жауапты жергілікті билік органдарына сенімді мәліметтер береді. Алынған нәтижелер инфрақұрылымдық және ауыл шаруашылығы жұмыстарын жоспарлау және жүргізу кезінде өзекті болып табылады және жыралық эрозияның таралуына, сондай-ақ ықтимал қауіптілігіне байланысты жерді қорғау жөніндегі іс-шараларды талап етеді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Республика Казахстан. Том 1. Природные условия и ресурсы / Под ред. Н.А. Искаков, А.Р. Медеу. – Алматы, 2006. – 202 с.
2. Abellán A., Jaboyedoff M., Oppikofer T., Vilaplana J.M. Detection of millimetric deformation using a terrestrial laser scanner: experiment and application to a rockfall event // *Natural Hazards and Earth System Science*. 2009. Vol. 9, Issue 2. Pp. 365-372.
3. Atticus E.L. Stovalla, Jacob S. Diamondc, Robert A. Slesakd, Daniel L. McLaughlinc, Hank Shugart. 2019. Quantifying wetland microtopography with terrestrial laser scanning. *RemoteSensingofEnvironment* 232 (2019).
4. Avian M., Bauer A. First results on monitoring glacier dynamics with the aid of terrestrial laser scanning on Pasterze Glacier (Hohe Tauern, Austria) // *Grazer Schriften der Geographie und Raumforschung*. 2006. Vol. 41. Pp. 27-35.
5. Bienert A., Maas H.-G., Scheller, S. Analysis of the information content of terrestrial laserscanner point clouds for the automatic determination of forest inventory parameters // *Workshop on 3D Remote Sensing in Forestry*, 14th –15th Feb 2006, Vienna.

6. Forman P., Parry I. Rapid data collection at major incident scenes using three-dimensional laser scanning techniques // Proceedings of 35th International Carnahan Conference on Security Technology, October 16-19, 2001, London, England. Pp. 60-67.
7. Lin Z., Kaneda H., Mukoyama S., Asada N., Chiba T., 2013. Detection of subtle tectonic geomorphic features in densely forested mountains by very-high-resolution airborne LiDAR survey. *Geomorphology* 182 (0), 104-115.
8. Nicholas R Goodwin, John D Armston, Jasmine Muir, Issac Stiller. Monitoring gully change: A comparison of airborne and terrestrial laserscanning using a case study from Aratula, Queensland // *Geomorphology*. 2017. Vol. 282, Pp. 195-208.
9. Pfeifer N., Lindenbergh R., Rijntjes C. Dune monitoring with terrestrial laser scanning at Egmond beach. Technical report, 2005.
10. Poulton C.V.L., Lee J., Hobbs P., Jones L., Hall M. Preliminary investigation into monitoring coastal erosion using terrestrial laser scanning: case study at Happisburgh, Norfolk // *Bulletin of the Geological Society of Norfolk*. 2006. № 56. Pp. 45-64.
11. Hobbs P.R.N., Humphreys B., Rees J.G., Tragheim D.G., Jones L.D., Gibson A., Rowlands K., Hunter G., Airey R. Monitoring the role of landslides in 'soft cliff' coastal recession // *Instability - Planning and Management / McInnes R.G., Jakeways, J. (eds.)*. Thomas Telford, London, 2002. – Pp. 589-600.
12. Hodge R., Brasington J., Richards K. Analysing laser-scanned digital terrain models of gravel bed surfaces: linking morphology to sediment transport processes and hydraulics // *Sedimentology*. 2009. Vol. 56, Issue 7. – Pp. 2024-2043.
13. <http://riegl.com/>[Электронный ресурс].
14. Hunter G., Pinkerton H., Airey R., Calvari S. The application of a long-range laser scanner for monitoring volcanic activity on Mount Etna // *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2003. Vol. 123, Issues 1-2. – Pp. 203-210.
15. TingCao, AnchengXiao, LeiWua, LiguangMaoc, 2017. Automatic fracturedetection based on Terrestrial Laser Scanning data: A new method and casestudy. *Computers & Geosciences*. Volume 106, September 2017. – P. 209-216.
16. Zhen Li, Yan Zhang, Qingke Zhu, Song Yang, Hongjun Li, Huan Ma. A gully erosion assessment model for the Chinese Loess Plateau based on changes in gully length and area // *Catena*. 2017. Vol. 148. – Pp. 195-203.

Поступила 16.07.2020

Канд. геогр. наук  
PhD

Е.Е. Халыков  
Ю.Ф. Лый  
Е.Х. Какимжанов  
М.М. Макимбаева  
Ж.М. Шарапханова

## **ИЗУЧЕНИЕ ОВРАЖНОЙ ЭРОЗИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ**

**Ключевые слова:** овражная эрозия, овраги, наземное лазерное сканирование, космические снимки, река Мукуыр, Жетысу Алатау

*Одним из самых быстроразвивающихся методов исследования рельефа земли и других объектов на сегодняшний день является метод наземного лазерного сканирования (НЛС). Эффективность метода наземного лазерного сканирования можно объяснить тем, что за короткий промежуток времени можно собирать много информации и вести мониторинг больших территории исследований. Использование наземного лазерного сканирования в естественных науках и при изучении природы активно развивается в Западной Европе, США и других развитых странах.*

*В статье описаны основные этапы метода НЛС в изучении оврагов. Высокоточный 3D лазерный сканер RIEGL VZ-4000 был использован для получения подробной цифровой модели оврагов, а полученные данные обрабатывались с применением программы RiscanPro.*

*В долине реки Мукуыр (Алматинская область, район Коксу) в осенний сезон 2017...2019 гг. проводились исследование овражной эрозии с применением метода НЛС и с использованием космических снимков. Большинство оврагов в этой долине растут, имеющие прирост вершинной и глубинной частей, преимущественно за счет флювиальных процессов. Статья содержит результаты полевых и камеральных исследований методом НЛС. Показаны факторы, способствующие развитию овражной эрозии, приведены морфометрические характеристики оврагов, полученных на основе современных приборов и космических снимков.*

*Актуальность исследований овражной эрозии в данном регионе определяется потребностями в планировании допустимых нагрузок на природную среду, в экологически безопасном плане. Овражная эрозия наиболее опасна в предгорных и равнинных районах, где в настоящее время площади эродированных земель увеличивается*

ются, снижается их продуктивность. Результатом проявления овражной эрозии является не только экологический (потеря плодородия), но и экономический ущерб (снижение эффективности сельскохозяйственного производства).

Ye.Ye. Khalykov, Yu.F. Lyy, Y.Kh.Kakimzhanov, M.M. Makimbayeva, Zh. M. Sharapkanova

## STUDY OF GULLY EROSION USING METHOD OF TERRESTRIAL LASER SCANNING

**Key words:** gully erosion, gully, terrestrial laser scanner, satellite images, Mukyr river, Zhetysu Alatau

*One of the fast developing methods of study of the Earth relief and another objects in the present time is the method of terrestrial laser scanning. Efficiency of the method of terrestrial laser scanning could be explained by the short period of time allowing to collect a lot of information and conduct monitoring of big territories of study. Use of terrestrial laser scanning in natural sciences and by nature study is actively developing in Western Europe, USA and another developed countries.*

*In the article described the main stages of terrestrial laser scanning by gully erosion studies. High resolution 3D laser scanner RIEGL VZ-4000 was used to receive detailed digital model of the gullies and the data was developed with the use of software RiscanPro.*

*In the valley of Mukyr river (Almaty region, Koksuz district) in the Autumn season of the years 2017...2019 were conducted researches of gully erosion by using method of terrestrial laser scanning and satellite images. The majority of the gullies in this valley are growing and have grows in upper and deep parts and mainly due to fluvial processes. The article contains results of field and laboratory works using method of terrestrial laser scanning. The factors contributing to development of gully erosion are shown and morphometric gully erosion characteristics received on the base of modern devices and satellite images are provided.*

*Actuality of gully erosion study in this region is determined by needs of planning of allowable loads to the environment in ecologically safe meaning. Gully erosion is most dangerous in piedmont and plain regions where in the present time the areas of erosive lands are increasing and their productivity is decreasing. The result of gully erosion processes is not only ecological (loss of fertility) damage but also economical loss (low efficiency of agricultural sector).*

УДК 631.675.2; 551.586

Канд. геогр. наук

С.С. Байшоланов<sup>1</sup>**МОДЕЛЬ РАСЧЁТА ОРОСИТЕЛЬНОЙ НОРМЫ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ  
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

**Ключевые слова:** орошаемое земледелие, оросительная норма, суммарное водопотребление культуры, коэффициент водопотребления, вегетационный период

*Разработана модель расчёта оросительной нормы сельскохозяйственных культур, основанная на использовании метеорологических данных. Модель предназначена для расчета суммарного водопотребления и оросительной нормы сельскохозяйственных культур в южных областях Казахстана. Модель реализована в программе Excel и состоит из 4 расчетных этапов. Модель также можно использовать для прогноза оросительной нормы сельскохозяйственных культур на предстоящий вегетационный период.*

В Казахстане посевные площади сельскохозяйственных культур составляют более 21 млн. га и из них более 1,4 млн. га являются орошаемыми, которые в основном расположены в южных областях Казахстана.

Оросительная норма – количество воды, которое необходимо дать при поливах сельскохозяйственной культуре за весь период вегетации. Величина оросительной нормы зависит от климатических условий, свойства почвы, особенностей растений и технологии полива.

В 2016 году в Казахстане была утверждена «Методика по разработке удельных норм водопотребления и водоотведения» (далее Методика) [6]. Представленные в приложении к Методике оросительные нормы нетто сельскохозяйственных культур дифференцированы по природным зонам, почвенно-гидрогеологическим областям и различной обеспеченности стока (50 %, 75 %, 95 %), и они справедливы для средних

---

<sup>1</sup> Филиал ТОО «Институт географии» Министерства образования и науки Республики Казахстан, г. Нур-Султан, Казахстан

климатических условий. Однако они не дифференцированы по сортам скороспелости, а также некоторые культуры объединены по группам. Например, пшеница, ячмень, рожь объединены в группу «яровые зерновые». Также есть группы: овощи, бахчевые, сады.

В Методике природные зоны определены на основе коэффициента природного увлажнения по Н.Н. Иванову –  $K_u$ , основным составляющим которого являются запасы продуктивной влаги в почве (ЗПВ). Учитывая редкую сеть измерения ЗПВ в Казахстане, особенно в орошаемых землях юга, по ним сложно проводить полноценную оценку увлажнённости территории.

Установленные в Российской Федерации оросительные нормы нетто сельскохозяйственных культур основаны на расчёте испаряемости по модифицированной формуле Н.Н. Иванова и использования коэффициента природного увлажнения  $K_u$  [12].

На основе вышеизложенных методик невозможно рассчитывать оросительную норму нетто культур на каждый год, с учетом складывающихся погодных условий. В зависимости от метеорологических условий, фактические оросительные нормы культур от года в год могут колебаться в широких пределах.

Соответственно возникла необходимость в разработке методики, позволяющей рассчитывать оросительную норму сельскохозяйственных культур ежегодно, с учетом скороспелости сортов культур и погодных условий, на основе доступных метеорологических данных.

Необходимость такой методики была обсуждена в научно–техническом совете РГП «Казгидромет» МЭГПР РК (протокол НТС № 4 от 05.12.2018).

С этой целью в 2019 году проводилось исследование в рамках проекта ПРООН/ГЭФ № 00106780 «Разработка Восьмого Национального сообщения Республики Казахстан в рамках РКИК ООН и подготовка двух (четвёртого и пятого) двухгодичных докладов».

В результате проведённого исследования автором статьи была разработана «Модель расчёта оросительной нормы сельскохозяйственных культур на основе метеорологических данных» (далее Модель) [3].

В Модели для расчета оросительной нормы используются множество формул. Основополагающей формулой является [13, 9]:

$$M_n = E_c - 10 \mu P_v - \Delta W - W_r, \quad (1)$$

где  $M_n$  – оросительная норма нетто,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $E_c$  – суммарное водопотребление культуры за вегетацию,  $\text{м}^3/\text{га}$ ; 10 – коэффициент перевода осадков от мм в  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $\mu$  – коэффициент использования осадков за вегетацию;  $P_v$  – сумма осадков, выпавших за вегетационный период культуры, мм;  $\Delta W = (W_n - W_k)$ .  $W_n$  – запас почвенной влаги (ЗПВ) в расчётном слое в начале вегетационного периода,  $\text{м}^3/\text{га}$ .  $W_k$  – ЗПВ в конце вегетационного периода,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $W_r$  – количество воды, поступающее в расчётный слой почвы по капиллярам от грунтовых вод (при их близком залегании) за вегетационный период,  $\text{м}^3/\text{га}$ .

Суммарное водопотребление ( $E_c$ ) определяется на основе формул 2, 3, 4, 5:

$$1) \text{ А.М. Алпатьев: } E_{c1} = K_6 \sum d \text{ (мм)} = 10 * K_6 \sum d \text{ (м}^3/\text{га)}; \quad (2)$$

$$2) \text{ И.А. Шаров: } E_{c2} = e \sum t + 4N \text{ (м}^3/\text{га)}; \quad (3)$$

3) Д.А. Штойко

$$\text{а) в начале вегетации: } E_{c3} = \sum t \left( 0,1t_c - \frac{f_c}{100} \right) \text{ (м}^3/\text{га)}, \quad (4)$$

$$\text{б) в основной период вегетации: } E_{c3} = \sum t \left[ 0,1t_c + \left( 1 - \frac{f_c}{100} \right) \right] \text{ (м}^3/\text{га)}, \quad (5)$$

где  $E_c$  – суммарное водопотребление культуры за вегетацию,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $K_6$  – биологический коэффициент водопотребления культуры;  $\sum d$  – сумма средних суточных дефицитов влажности воздуха за период вегетации растений в мм (1 гПа  $\approx$  0,75 мм); 10 – коэффициент перевода мм на  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $e$  – коэффициент водопотребления культуры, рассчитанный на  $1^\circ\text{C}$ , примерно равен  $2 \text{ м}^3/^\circ\text{C}$ ;  $N$  – продолжительность вегетационного периода культуры, сутки;  $\sum t$  – сумма суточных температур воздуха за период вегетации культуры,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_c$  – средняя за вегетационный период температура воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;  $f_c$  – средняя за вегетационный период относительная влажность воздуха, %.

$E_c$  на равнинных территориях определяется как среднее по 3 формулам (А.М. Алпатьев, И.А. Шаров, Д.А. Штойко), а на предгорных территориях (высота над уровнем моря более 1000 м) – по 2 формулам (А.М. Алпатьев и Д.А. Штойко) [3].

Биологический коэффициент водопотребления культуры ( $K_6$ ) в значительной степени зависит от почвенно-климатических условий. По данным Г.Г. Белобородовой в условиях Илейского Алатау для яровой пшеницы  $K_6$  в период всходы-кущение составляет 0,40, выход в трубку – 0,71, цветение – 0,65, налив зерна – 0,31, а в среднем за вегетационный период – 0,55 [4]. А.В. Процеров предлагает  $K_6$  брать в период сев-колошение – 0,60, в период колошение-восковая спелость – 0,40. Также



известно, что с ростом сухости климата коэффициент водопотребления уменьшается [11].

Сопоставление расчётов суммарного водопотребления культур методами А.М. Алпатьева, И.А. Шарова и Д.А. Штойко в условиях юга Казахстана позволило дифференцировать значение  $K_6$  в зависимости от засушливости климата, оцененной по гидротермическому коэффициенту Г.Т. Селянинова (ГТК) (табл. 1):

$$ГТК = \frac{\sum R_{5-8}}{0,1 \sum t_{>10}}, \quad (6)$$

где  $\sum R_{5-8}$  – сумма осадков за май-август;  $\sum t_{>10}$  – сумма температур воздуха выше 10 °С за май-август.

Таблица 1

Средний за вегетационный период  $K_6$  для юга Казахстана [3].

$K_6$	ГТК <sub>5-8</sub>	Степень засушливости
0,40	< 0,20	очень сильно засушливо
0,42	0,20...0,39	сильно засушливо
0,44	0,40...0,59	умеренно засушливо
0,46	0,60...0,79	слабо засушливо
0,48	0,80...0,99	не засушливо
≥ 0,50	≥ 1,00	не засушливо

По данным [7], согласно В.В. Колпакова, коэффициент использования сельскохозяйственными культурами (включая испарения с почвы) осадков за вегетацию ( $\mu$ ) составляет в сухие годы 0,75...0,80, во влажные годы – 0,55...0,60, а в средних условиях – 0,65...0,70. Согласно [10] коэффициент  $\mu$  составляет для структурных почв 0,80...0,90, а для бесструктурных почв – 0,30...0,50. Учитывая засушливость климата и почвенный покров (сероземы, каштановые, бурые и серо-бурые почвы) орошаемых земель юга Казахстана коэффициент  $\mu$  был взят 0,70.

Наибольшую сложность представляет определение ЗПВ в начале ( $W_n$ ) и конце ( $W_k$ ) вегетационного периода. На юге республики отсутствуют полноценные данные наблюдений ЗПВ на орошаемых землях. Поэтому для определения ЗПВ в начале вегетации ( $W_n$ ) ориентируемся на сумму осадков за осенне-зимне-весенний период года, а для определения ЗПВ в конце вегетации ( $W_k$ ) – на сумму осадков за весенне-летний период.

Во многих источниках [11, 4, 1] коэффициент усвоения почвой зимних осадков в засушливых зонах составляет 0,50. С наступлением тепла этот коэффициент возрастает. Соответственно для юга Казахстана, учитывая более короткий период промерзания почвы, коэффициент аккумуляции почвой осадков за октябрь-февраль был взят 0,55, за период март-дата сева – 0,60.

Так как, коэффициент использования осадков за вегетационный период  $\mu = 0,70$ , ту часть осадков, которая остаётся в корнеобитаемом слое почвы (1 м) учитываем с коэффициентом 0,30, т.е. при определении ЗПВ на конец вегетации ( $W_k$ ) можно учитывать весенне-летние осадки с коэффициентом 0,30. Надо отметить, что на юге Казахстана, летом при малых осадках и высоких температурах, можно предполагать отсутствие или незначительную инфильтрацию осадков вглубь почвы ниже 1 метра.

Таким образом,  $W_n$  и  $W_k$  ориентировочно можно рассчитать по формулам:

$$W_n \approx 10(0,55P_1 + 0,60P_2), \quad (7)$$

$$W_k \approx 10 \cdot 0,30(0,55P_1 + 0,60P_2 + P_b), \quad (8)$$

тогда:

$$\Delta W = (W_n - W_k) \approx 10(0,38P_1 + 0,42P_2 + 0,30P_b), \quad (9)$$

где 10 – коэффициент перевода осадков от мм в м<sup>3</sup>/га;  $P_1$  – сумма осадков за период октябрь-февраль, мм;  $P_2$  – сумма осадков за период март-дата сева, мм;  $P_b$  – сумма осадков за период посев-начало созревания, мм.

При глубоком залегании грунтовых вод (более 3 м.) можно пренебречь величиной  $W_r$  (количество воды, поступающее в расчётный слой почвы по капиллярам от грунтовых вод). Над отметить, что в южной части Казахстана грунтовые воды в основном лежат глубоко.

Таким образом, окончательная формула расчета оросительной нормы нетто для юга Казахстана в условиях глубокого залегания грунтовых вод имеет вид [3]:

$$M_n = E_c - 10 \mu P_b - 10 (0,38P_1 + 0,42P_2 + 0,30P_b). \quad (10)$$

Оросительная норма нетто не учитывает потери воды на пути от водоисточника до растения, т.е. потери на фильтрацию через стенки и дно каналов, утечку через соединения труб и т.д. Эти потери воды учитываются коэффициентом полезного действия (КПД) оросительных систем.

Оросительная норма брутто конкретного поля определяется по формуле [6, 13]:

$$M_b = \frac{M_n}{\eta}, \quad (11)$$

где  $M_b$  – оросительная норма брутто, м<sup>3</sup>/га;  $M_n$  – оросительная норма нетто, м<sup>3</sup>/га;  $\eta$  – КПД оросительной системы.

Разработанная Модель охватывает 26 видов яровых культур, с учетом их скороспелости (раннеспелые, среднеспелые и позднеспелые сорта). В модели вид сельскохозяйственной культуры и сорт по скороспелости идентифицируется по ее теплотребности, т.е. по сумме биологических температур воздуха, необходимой для прохождения вегетации культурой (посев-созревание).

Сумма биологических температур ( $\sum t_0$ ) характеризует потребность растений в тепле, под которым понимается сумма среднесуточных температур воздуха за период вегетации данной культуры. Потребность сельскохозяйственных культур в тепле для широты 55°с.ш. освещена в работах [8, 5]. При продвижении на юг от 55°с.ш., в связи с фотопериодической реакцией, необходимая сумма температур для растений длинного дня увеличивается, для растений короткого дня – уменьшается, а для растений нейтральных к длине дня – не меняется. С учетом соответствующих поправок на длину дня [8, 5], значения биологических сумм температур были приведены для средней широты юга Казахстана (44°с.ш.) [3].

Для облегчения расчётов сельскохозяйственные культуры были объединены на группы по теплотребности, с шагом 200°С. При этом для яровых культур умеренного тепло (А1–А9) учитывалась средняя суточная температура воздуха выше 10°С, а для теплолюбивых культур (Б1–Б5) – выше 15°С (табл. 2).

В модели оросительная норма сельскохозяйственных культур рассчитывается на основе метеорологических данных (температура воздуха, осадки, относительная влажность воздуха, дефицит влажности воздуха). В начале рассчитывается суммарное водопотребление культуры в зависимости от сложившихся метеорологических условий и высоты над уровнем моря. Далее с учетом выпавших осадков рассчитывается оросительная норма нетто культуры. Если известна КПД оросительной системы можно рассчитать и оросительную норму брутто.

При этом расчеты можно проводить на основе фактических метеорологических данных или фактических и прогнозных данных, т.е. по ним можно прогнозировать оросительную норму на текущий вегетационный год.

Таблица 2

Распределение сельскохозяйственных культур на группы

Гр.	$\Sigma t_6, ^\circ\text{C}$	Культура (р–раннеспелый, с–среднеспелый, п–позднеспелый)
A1	1200...1400	Гречиха–р, Гречиха–с, Горох–р, Картофель–р, Огурцы–р, Огурцы–с.
A2	1400...1600	Гречиха–п, Горох–с, Горох–п, Картофель–с, Огурцы–п, Ячмень–р, Ячмень–с, Овёс–р, Пшеница (м)–р, Пшеница (т)–р, Просо–р, Просо–с, Фасоль–р, Чина–р, Чечевица–р, Чечевица–с, Нут–р, Нут–с, Люпин–р, Бобы–р, Лён масличный–р, Лен долгунец–р, Лен долгунец–с, Капуста–р, Капуста–с, Томаты–р.
A3	1600...1800	Картофель–п, Ячмень–п, Овёс–с, Овёс–п, Пшеница (м)–с, Пшеница (т)–с, Просо–п, Фасоль–с, Чина–с, Нут–п, Лён масличный–с, Капуста–п, Томаты–с, Томаты–п.
A4	1800...2000	Пшеница (м)–п, Пшеница (т)–п, Фасоль–п, Люпин–с, Подсолнечник–р, Рапс–р.
A5	2000...2200	Люпин–п, Подсолнечник–с, Рапс–п, Соя–нр, Сахарная свекла–р.
A6	2200...2400	Подсолнечник–п, Соя–р, Сахарная свекла–с, Кукуруза–р, Сорго–р.
A7	2400...2600	Соя–с, Сахарная свекла–п, Кукуруза–с, Сорго–с.
A8	2600...2800	Соя–сп, Кукуруза–сп, Сорго–п.
A9	2800...3000	Соя–п, Кукуруза–п.
B1	2500...2700	Рис–р.
B2	2700...2900	Рис–с.
B3	2900...3300	Рис–п, Хлопчатник–р.
B4	3300...3600	Хлопчатник–с.
B5	3600...4000	Хлопчатник–п.

Модель применима на землях с автоморфными почвами, т.е. с глубоким залеганием грунтовых вод (более 3 м). На землях с гидроморфными почвами, т.е. с близким залеганием грунтовых вод (1...2 м.), с целью предотвращения поднятия почвенных солей на поверхность, рекомендуется значительно уменьшить (в 1,5...2 раза)

рассчитанное суммарное водопотребление культуры. Соответственно будет уменьшаться и оросительная норма нетто культуры.

Основная модель предназначена для сельскохозяйственных культур, возделываемых без полного затопления поля.

Для определения оросительной нормы нетто риса была реализована дополнительная функция модели, которая учитывает еще объемы воды, расходуемые на затопление чека, технологические сбросы, испарение с поверхности чека, создание проточности воды и фильтрацию, что будет освещено в следующей публикации.

Модель реализована на Excel, состоит из 13 основных и 3 дополнительных Excel листов, взаимосвязанных ссылками и расчётными формулами.

В модели расчёт оросительной нормы сельскохозяйственных культур проводится в 4 этапа. Все расчёты ведутся по группам теплопотребности культур (А1...А9, Б1...Б5). Первичные данные по температуре, осадкам, дефициту и относительной влажности воздуха, а также КПД оросительных систем ( $\eta$ ) заносятся от руки. Даты перехода и даты сева можно оставить климатические (средние за 1991...2018 гг.) или использовать фактические. Вторичные входные данные, суммарное водопотребление ( $E_c$ ), оросительная норма нетто ( $M_n$ ) и оросительная норма брутто ( $M_b$ ) рассчитываются автоматически.

Если имеются надежные прогностические метеорологические данные, занося их в модель можно прогнозировать оросительную норму на предстоящий вегетационный год. Прогноз составляется после окончания посевной компании (конец мая).

**1 этап. В модель заносятся первичные входные метеорологические данные по МС области:**

- 1) Средняя декадная температура воздуха за март-сентябрь ( $t$ );
- 2) Декадная сумма атмосферных осадков за октябрь-сентябрь ( $P$ );
- 3) Средний декадный дефицит влажности воздуха за март-сентябрь ( $d$ );
- 4) Средняя декадная относительная влажность воздуха за март-сентябрь ( $f$ ).

**2 этап. На основе первичных данных рассчитываются вторичные входные данные:**

- 1) Дата начала вегетации и дата начала созревания культуры ( $D_1, D_2$ );
- 2) Продолжительность вегетационного периода культуры ( $N = D_2 - D_1$ );

- 3) Сумма суточных дефицитов влажности воздуха за вегетационный период культуры ( $\Sigma d$ );
- 4) Сумма суточных температур воздуха за вегетационный период ( $\Sigma t$ );
- 5) Средняя за вегетационный период суточная температура воздуха ( $t_c$ );
- 6) Средняя за вегетационный период относительная влажность воздуха ( $f_c$ );
- 7) Сумма осадков за осенне-зимний период (октябрь-февраль) ( $P_1$ );
- 8) Сумма осадков за весенний период (март-дата сева) ( $P_2$ );
- 9) Сумма осадков за вегетационный период культуры ( $P_B$ ).

**3 этап. На основе вторичных входных данных автоматически рассчитывается суммарное водопотребление культуры:**

- 1) Суммарное водопотребление культуры по А.М. Алпатьеву ( $E_{c1}$ );
- 2) Суммарное водопотребление культуры по формуле И.А. Шарова ( $E_{c2}$ );
- 3) Суммарное водопотребление культуры по Д.А. Штойко ( $E_{c3}$ );
- 4) Суммарное водопотребление культуры ( $E_c$ ) в зависимости от высоты над уровнем моря ( $h$ ). Определяется для равнинных территорий ( $h < 1000$  м.) как среднее по 3 методам (А.М. Алпатьев, И.А. Шаров и Д.А. Штойко), а для предгорных территорий ( $h \geq 1000$  м) – как среднее по 2 методам (А.М. Алпатьев и Д.А. Штойко).

**4 этап. На основе данных 2 и 3 этапов рассчитывается:**

- 1) Оросительная норма нетто ( $M_n$ ), на основе суммарного водопотребления ( $E_c$ ) и сумм осадков ( $P_1, P_2, P_B$ );
- 2) Оросительная норма нетто ( $M_n$ ) по административным районам области;
- 3) Оросительные нормы брутто ( $M_b$ ), на основе оросительной нормы нетто ( $M_n$ ) и КПД оросительной системы ( $\eta$ ).

Структурная схема основной Модели представлена на рисунке 1.

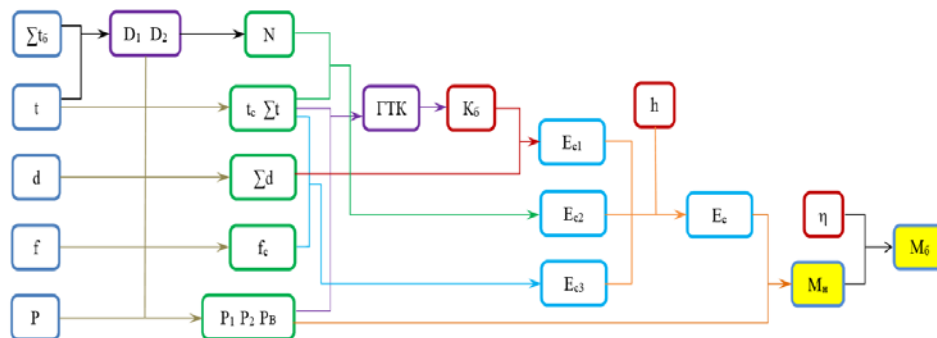


Рис. 1. Схема основной Модели.

В качестве примера, в таблицах 2 и 3 приведены расчеты суммарного водопотребления и оросительной нормы нетто сельскохозяйственных культур по районам Жамбылской области, в условиях современного климата (среднее за 1991...2018 гг.).

Таблица 3

Суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур ( $E_c$ , м<sup>3</sup>/га)

Район	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Сарысуский	3153	3709	4211	4772	5256	5809	6288	6823	7323
Таласский	3247	3743	4266	4848	5348	5920	6419	6973	7488
Байзакский	3125	3631	4154	4701	5207	5748	6248	6762	7258
Жамбылский	3002	3518	4042	4553	5067	5576	6077	6551	7028
Жуальинский	2992	3409	3826	4280	4704	5085	5486	–	–
Т. Рыскулова	2947	3460	3968	4469	4965	5543	6016	6518	7005
Меркенский	2972	3485	3996	4501	5000	5579	6056	6565	7064
Шуский	3060	3555	4072	4509	5006	5496	5999	6534	7017
Кордайский	3016	3512	4013	4523	5014	5478	5939	6414	–

Например, для культур группы A1 (гречиха–р, гречиха–с, горох–р, картофель–р, огурцы–р, огурцы–с) оросительная норма нетто в Жуальинский, Меркенском и Кордайском районах составляет 600...800 м<sup>3</sup>/га, а на остальных районах колеблется от 1200 до 2400 м<sup>3</sup>/га. Для культур группы A9 (кукуруза–п, соя–п) оросительная норма нетто составляет 4500...6500 м<sup>3</sup>/га (табл. 4).

Таблица 4

Оросительная норма нетто сельскохозяйственных культур ( $M_n$ , м<sup>3</sup>/га)

Район	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Сарысуский	2019	2543	3030	3561	4012	4529	4998	5527	6022
Таласский	2430	2910	3419	3962	4426	4987	5475	6022	6530
Байзакский	1836	2308	2800	3300	3769	4289	4773	5274	5755
Жамбылский	1243	1706	2181	2638	3111	3591	4070	4526	4981
Жуальинский	683	1021	1376	1795	2195	2551	2915	–	–
Т. Рыскулова	1225	1703	2159	2606	3062	3612	4048	4521	4991
Меркенский	790	1253	1710	2162	2611	3150	3590	4065	4536
Шуский	1597	2056	2525	2929	3391	3848	4322	4835	5283
Кордайский	608	1026	1460	1935	2374	2784	3201	3617	–

Рассчитанные оросительные нормы нетто являются климатической нормой. В отдельные годы, в зависимости от сложившихся метеоусловий, они могут отклоняться до  $\pm 25\%$ .

Таким образом, разработана Модель расчёта оросительной нормы сельскохозяйственных культур, основанная на использовании метеорологических данных. Модель рассчитывает суммарное водопотребление культуры и оросительную норму нетто культуры, а также оросительную норму брутто.

Модель предназначена для сельскохозяйственных культур, возделываемых без полного затопления поля, на землях с глубоким залеганием грунтовых вод. Модель также имеет дополнительную функцию, позволяющую использовать ее для культуры риса. Модель в целом охватывает 26 видов яровых культур, а также их сорта по скороспелости.

Модель реализована в программе Excel, где расчёты ведутся по группам теплопотребности культур, и включает 4 расчетных этапа.

Модель передана в РГП «Казгидромет» МГЭПР РК для составления консультационного прогноза оросительной нормы сельскохозяйственных культур по районам четырех южных областей Казахстана (Алматинская, Жамбылская, Туркестанская, Кызылординская). В перспективе можно разработать программное обеспечение Модели и интегрировать с общей базой данных РГП «Казгидромет».

Модель также можно предложить в научные и производственные структуры Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан, в высшие учебные заведения аграрного направления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Актыубинской области: научно-прикладной справочник / Под ред. С.С. Байшоланова – Астана, 2017. – 136 с. (электронное издание <https://ingeo.kz/?p=6407>).
2. Алпатьев А.М. Влагооборот культурных растений. – Л.: Гидрометеиздат, 1954. – 248 с.
3. Байшоланов С.С. Отчет НИР «Оценка агроклиматических условий и оросительной нормы сельскохозяйственных культур в южных областях Казахстана в условиях изменения климата» (заключительный). Проект ПРООН/ГЭФ № 00106780. – Нур-Султан, 2019. – 81 с.



4. Белобородова Г.Г. Об агрометеорологическом обосновании режимов орошения сельскохозяйственных культур // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1960. – № 2.
5. Гордеев А.В., Клещенко А.Д., Черняков Б.А., Сиротенко О.Д. Биоклиматический потенциал России: теория и практика. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. – 512 с.
6. Методика по разработке удельных норм водопотребления и водоотведения. [электронный ресурс]. URL: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014827#z16>.
7. Мещанинова Н.Б. Агрометеорологическое обоснование орошения зерновых культур. – Л.: Гидрометеоздат, 1971. – 127 с.
8. Мищенко З.А. Агроклиматология: учебник. – К.: КНТ, 2009. – 512 с.
9. МК–Гидро. Способы орошения. [электронный ресурс]. URL: <http://mk-hydro.ru/sposoby-orosheniya>.
10. Режим орошения сельскохозяйственных культур. Информационный ресурс Cyberpedia [электронный ресурс]. URL: <https://cyberpedia.su/11xf34.html>.
11. Серякова Л.П. Агрометеорология. – Л.: ЛГМИ, Изд-во ЛПИ, 1978. – 155 с.
12. Укрупнённые нормы водопотребности для орошения сельскохозяйственных культур Центрального, Приволжского, Уральского, Сибирского, Южного и Северо–Кавказского Федеральных округов. Москва, 2013. 54 с. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.ubmvh-03.ru/sites/all/files/normi\\_vodopotrebnosti.pdf](http://www.ubmvh-03.ru/sites/all/files/normi_vodopotrebnosti.pdf).
13. CAWATERinfo. Оросительные и поливные нормы и их расчет. [электронный ресурс]. URL: <http://www.cawater-info.net/bk/4-2-1-1-3-3.htm>.

Поступила 30.07.2020

Геогр. ғылымд. канд.

С.С. Байшоланов

## **АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ DAҚЫЛДАPДЫҢ СУAPУ НОРМАСЫН МЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ ДЕРЕКТЕР НЕГІЗІНДЕ ЕСЕПТЕУ МОДЕЛІ**

**Түйінді сөздер:** суармалы егіс, суару нормасы, дақылдың жинақты сұтұтынымы, су тұтыну коэффициенті, вегетациялық кезең

*Метеорологиялық деректерді қолдануға негізделген ауылшаруашылық дақылдардың суару нормасын есептеу Модельі жасалды. Модель Қазақстанның оңтүстік облыстарында ауылшаруашылық дақылдарының жинақты сұтұтынымы мен суару нормасын есептеуге арналған. Модель Excel-де іске асырылған*

және 4 есептеу кезеңінен тұрады. Сонымен қатар Модельді ауылшаруашылық дақылдардың суару нормасын алдағы вегетациялық кезеңге болжау үшін пайдалануға болады.

S.S. Baisholanov

#### **MODEL FOR ESTIMATION THE IRRIGATION NORM OF AGRICULTURAL CROPS BASED ON METEOROLOGICAL DATA**

**Key words:** irrigated agriculture, irrigation norm, total water consumption of the crop, coefficient of water consumption, vegetation period

*A Model for estimation the irrigation norm of agricultural crops based on the meteorological data has been developed. The model is designed to calculate the total water consumption and irrigation norm of agricultural crops in the southern regions of Kazakhstan. The model is developed in Excel and consists of 4 calculation stages. The model can also be used to forecast the irrigation norm of crops for the upcoming growing season.*

УДК 551.501: 629.195.1

Доктор техн. наук  
Канд. техн. наукА.Х. Ахмеджанов<sup>1</sup>  
Т.К. Караданов<sup>1</sup>**ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ВОДЯНОГО ПАРА В АТМОСФЕРЕ  
КАЗАХСТАНА ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

**Ключевые слова:** атмосфера, водяной пар, содержание, перенос излучения, дистанционное зондирование Земли, парниковые газы

*Рассматривается содержание водяного пара в атмосферном столбе на территории Казахстана по данным дистанционного зондирования Земли из космоса. Проведен анализ вертикальных профилей содержания водяного пара. Исследованы сезонные и многолетние изменения содержания водяного пара в атмосферном столбе.*

Водяной пар, являясь самым распространенным парниковым газом, смягчает влияние других парниковых газов. Он может конденсироваться с образованием облаков, которые сильно влияют на температурный режим и циркуляцию атмосферы. Водяной пар имеет естественное происхождение: внешние факторы не способны влиять на его увеличение в окружающей среде. Важная характеристика свойств водяного пара – обратная положительная связь с углекислым газом. Установлено, что парниковый эффект, спровоцированный выбросом диоксида углерода, увеличивается примерно вдвое благодаря воздействию молекул водяного испарения.

Проведены исследования сезонных особенностей содержания водяного пара на атмосферу аридной зоны [1]. Рассмотрены возможности получения детальных данных по восстановлению профиля водяного пара в атмосфере [4].

В [6] изложены методы определения малых газовых компонент в атмосфере Земли. Спутниковый метод измерения в ИК области спектра для измерения водяного пара в средней тропосфере представлен в [2]. Представлены результаты анализа содержания водяного пара в атмосфере над европейской территорией России в период лесных и торфяных пожаров летом 2010 г. в [5]. Особенности рас-

---

<sup>1</sup> АО "Национальный центр космических исследований и технологий", г. Алматы, Казахстан

предела водяного пара на территории Казахстана на основе спутниковых данных представлены в [3]. В этой работе показано, что пространственное распределение водяного пара связано с региональными особенностями атмосферной циркуляции. Данные OMI отслеживают сезонные и межгодовые колебания содержания водяного пара в столбе для широкого диапазона климатических режимов [15]. В [10] представлен алгоритм поиска, используемый для получения содержания водяного пара в столбе от датчиков GOME-2 на борту MetOp-A и MetOp-B. Алгоритм поиска основан на классическом методе дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии (DOAS). Возможность получения значений дневного общего содержания водяного пара в атмосферном столбе из измерений MODIS над поверхностями суши показано в [9]. Алгоритм адаптирован для системы MERRA-2 (реанализ и визуализация спутниковых данных).

В настоящее время активно разрабатываются технологии дистанционного инфракрасного зондирования атмосферы для мониторинга термодинамического состояния и состава атмосферы Земли [7, 12, 14]. Создана база данных спектроскопической информации по атмосферным газам (HITRAN [13], GEISA [11], база данных температуры и концентраций оптически активных газов составляющих атмосферы в базе TIGR [8], данные системы BADC и др. Системы GIOVANNI, GES-DISC объединяет данные многих спутниковых систем. Современные космические технологии измерений и вычислений содержания малых атмосферных газов показали свою эффективность в исследованиях температуры подстилающей поверхности, стратификации атмосферы, атмосферных газов, химических процессов в тропосфере и стратосфере и др.

Радиационный перенос в атмосфере определяется содержанием газов, поглощающих излучение, таких, как водяной пар, диоксид углерода, метан, озон, окись азота и др. Каждый из атмосферных газов на определенной частоте поглощает излучение иначе, чем другие газы. Для восстановления концентрации атмосферных газов используются методы, основанные на поглощении излучения в инфракрасной области электромагнитного спектра. Данные представлены геопорталом Giovanni.

На краткосрочных ежедневных данных по территории Казахстана на ряде участков нет данных. В случае небольших участков в два-три пикселя можно использовать методы интерполяции. Но во многих случаях это большие территории. Поэтому необходимо восстанавливать на этих участках необходимые данные расчетными методами.

Измеряемое спутниками тепловое излучение, есть сумма всех излучений элементарных слоев атмосферы, характеризующееся функцией

ослабления теплового излучения  $F_\lambda(p)$ , зависящая от давления  $P$  и температуры  $T(p)$ , а также от длины волны  $\lambda$  (или частоты  $\nu$ ), на котором фиксируется излучение, угла визирования  $\vartheta$  со спутника.

Интенсивность восходящего теплового излучения в атмосфере уравнение переноса в изобарической системе координат можно представить в виде:

$$J_\lambda^\uparrow(p) = B_\lambda[T(p_0)] * F_\lambda(p_0) + \int_{p_0}^0 B_\lambda[T(p)] \frac{dF_\lambda(p)}{dp} dp, \quad (1)$$

где  $J_\lambda^\uparrow(p)$  – восходящее тепловое излучение,  $B_\lambda[T(p)]$  – функция Планка,  $p_0 = 1000 \text{ гПа}$  – давление на земной поверхности. Функция ослабления теплового излучения определяется в виде

$$F_\lambda = e^{-\frac{\tau_\lambda}{\cos\vartheta}}, \quad (2)$$

$$\tau_\lambda = \int_{p_0}^p \alpha_\lambda \rho(p) dp, \quad (3)$$

где  $\tau_\lambda$  – оптическая толщина атмосферы,  $\alpha_\lambda$  – массовый коэффициент поглощения излучения с размерностью  $[\frac{\text{м}^2}{\text{кг}}]$ ,  $\rho(z)$  – плотность газа  $[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}]$ , поглощающее излучение. Измеряемое на спутнике восходящее тепловое излучение (радианс) обозначим  $J_\lambda^\uparrow(p_h)$ , где  $p_h$  – высота спутника.

Для расчета плотности поглощающего газа соотношение перепишем в следующем виде:

$$J_{\lambda\text{рад}}^\uparrow(p_n) = B_\lambda[T(p_0)] * e^{-\frac{\tau_\lambda}{\cos\vartheta}} - \frac{\alpha_\lambda}{\cos\vartheta} \int_{p_0}^0 B_\lambda[T(p)] e^{-\frac{\tau_\lambda}{\cos\vartheta}} \rho(p) dp, \quad (4)$$

где  $J_{\lambda\text{рад}}^\uparrow(p_n)$  – интенсивность излучения, измеряемого на платформе спутника с высоты  $p_n$ .

Если разбить на элементарные участки  $\Delta p$  высоту с учетом малого значения оптической толщины атмосферы и угла зондирования близким к надиру, то можно получить систему приближенных уравнений для определения содержания за  $\rho(p_i)$ , поглощающего излучение на высоте  $p_i$ , на разных длинах волн  $\lambda_j$ :

$$\sum_{i=1}^n (B_{\lambda_j}[T(p_i)] \Delta p + B_{\lambda_j}[T(p_0)] \rho(p_i) = \frac{\cos\vartheta}{\alpha_{\lambda_j}} B_{\lambda_j}[T(p_0)] - J_{\lambda_j\text{рад}}^\uparrow(p_n). \quad (5)$$

Эта система уравнений позволяет определять плотность газа, поглощающего излучение. Расчетные подходы и результаты реанализа спутниковых данных MERRA-2 (Model M2TMNXCHM v5.12.4) позволяют получить поля распределения малых составляющих атмосферы по территории Казахстана и провести статистический анализ их распределения.

Для анализа содержания водяного пара в атмосфере использовались данные уникального зондирующего комплекса AIRS, установленного на

спутнике Aqua/NASA-EOS. Комплекс, разрабатывался для решения задач спутниковой метеорологии для измерения вертикальных профилей температуры и влажности в нижнем слое атмосферы в глобальном масштабе с погрешностью меньшей, чем погрешность современных радиозондов.

Вертикальные профили водяного пара восстановлены по территории Казахстана на выделенных участках профилей на западе, востоке, севере и юге Казахстана за период с 2003 г. по май 2019 г. Участки, на которых были восстановлены вертикальные профили содержания водяного пара, были выбраны со следующими координатами: север: 65...71 в.д., 50...56 с.ш.; юг: 66...71 в.д., 42...47 с.ш.; запад: 49...54 в.д., 46...51 с.ш.; восток: 78...83 в.д., 46...51 с.ш. Распределения вертикальных профилей содержания водяного пара в атмосфере представлены на рис. 1. Выше 900 гПа больших отклонений не наблюдается, а ниже различия имеются: минимум содержание водяного пара наблюдается на востоке – 2,8 г/кг, а максимум на западе – 4,5 г/кг. На севере – 3,5 г/кг, на юге – 3,6 г/кг.

Сезонные изменения содержания водяного пара в атмосферном столбе по территории Казахстана с 2003 по июль 2019 гг. показаны на рис. 2. На графике показано, что в летнее время наблюдаются максимальные значения содержания водяного пара в атмосфере (среднее – 20,47 кг/м<sup>2</sup>), в зимнее – минимальные (среднее – 5,31 кг/м<sup>2</sup>). Весной и осенью средние значения, причем в среднем одинаковые (10,45 кг/м<sup>2</sup> и 10,81 кг/м<sup>2</sup>). Статистический анализ сезонного содержания водяного пара в атмосферном столбе представлен в табл. 1. Стандартные ошибки, отклонения и дисперсия выборки максимальны в летнее время. Значения медианы и моды в летнее время в 4 раза больше, чем в зимнее время и 2 раза больше, чем весной и осенью. Максимум концентрации водяного пара приходится на июль, а минимум на январь. Территориальное распределение содержания водяного пара в атмосферном столбе по территории Казахстана в среднем за период с 2003 по 2019 гг. представлен на рис. 3. На нем представлены изменения содержания водяного пара в атмосферном столбе по территории Казахстана за период с 2003 г. по июнь 2019 г. и линия тренда. Максимальное содержание водяного пара в атмосферном столбе по территории Казахстана наблюдается на западе и юге, минимальное на севере и востоке. Изменения содержания водяного пара в атмосферном столбе по территории Казахстана и линия тренда показаны на рис. 4. За указанный период содержание водяного пара в атмосферном столбе по территории Казахстана увеличилась на 7 %.

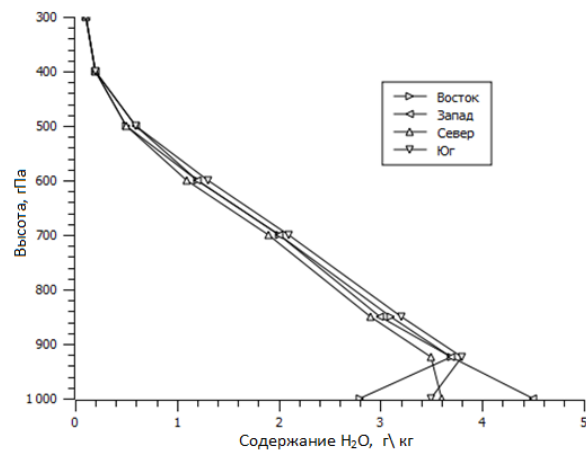


Рис. 1. Вертикальные профили содержания водяного пара на участках по территории Казахстана.

Таблица 1

Статистический анализ содержания водяного пара в атмосферном столбе ( $\text{кг}/\text{м}^2$ )

	Зима	Весна	Лето	Осень
Среднее	5,31	10,45	20,47	10,81
Стандартная ошибка	0,09	0,12	0,16	0,093
Медиана	5,3	10,3	20,4	10,8
Мода	5,1	10,1	20,1	10,6
Стандартное отклонение	0,40	0,51	0,69	0,38
Дисперсия выборки	0,16	0,26	0,47	0,14
Экссесс	-0,12	-0,19	0,23	-0,84
Асимметричность	0,28	0,53	0,03	-0,18
Минимум	4,7	9,8	19,1	10,1
Максимум	6,2	11,6	21,7	11,4

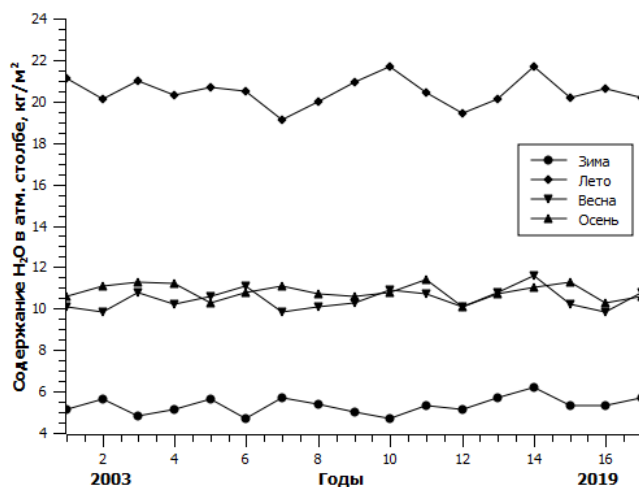


Рис. 2. Сезонные изменения содержания водяного пара в атмосферном столбе по территории Казахстана.

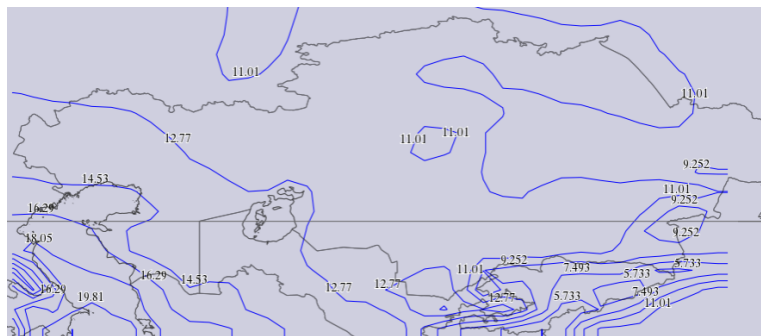


Рис. 3. Территориальное распределение содержания водяного пара в атмосферном столбе ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ) по территории Казахстана в среднем за период с 2003 по 2019 гг.

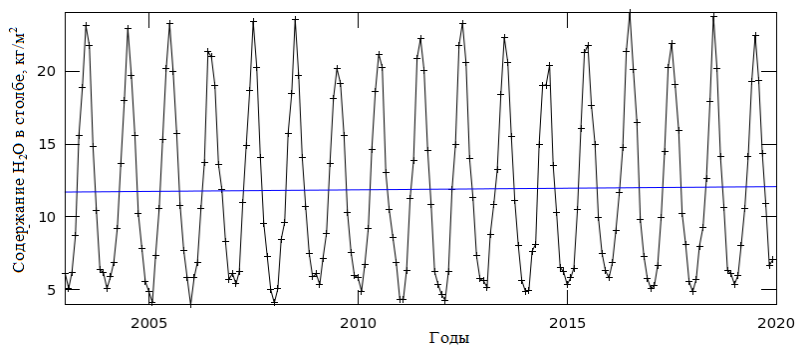


Рис. 4. Изменения содержания водяного пара в атмосферном столбе по территории Казахстана и линия тренда.

Таким образом, анализ сезонных изменений содержания водяного пара в атмосферном столбе с 2003 г. по 2019 г. показал, что в летнее время наблюдаются максимальные значения содержания водяного пара в атмосфере, в зимнее – минимальные, весной и осенью – средние значения (в среднем одинаковые). Максимальное содержание водяного пара в атмосферном столбе по территории Казахстана наблюдается на западе и юге, минимальное на севере и востоке. Содержание водяного пара в атмосферном столбе за последние 17 лет увеличилось на 7 %.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Назаров Б.И., Салихов Т.Х. Содержание водяного пара в атмосфере аридной зоны // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. – 2014. – Т. 50, № 2. – С. 205-214.



2. Аль-Тамими М.А., Чукин В.В. Параметризация глобального испарения на основе спутниковых данных о влагосодержании атмосферы // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 2. – С. 137-141.
3. Ахмеджанов А.Х., Караданов Т.К., Искаков А.Н. Распределение водяного пара на территории Казахстана на основе спутниковых данных // Гидрометеорология и экология. – 2014. – № 2. – С.87-96.
4. Семин А.Г., Кузьмин А.В., Хапин Ю.Б., Шарков Е.А. О возможности восстановления вертикального распределения водяного пара в атмосфере тропиков по измерениям в линии 183 гц из космоса // Исследование Земли из космоса. – 2012. – № 2. – С. 41-52.
5. Ситнов С.А., Мохов И.И. Особенности распределения водяного пара в атмосфере над европейской территорией России летом 2010 г. // Доклады РАН. – 2013. – Т. 448. – N. 2. – С. 206–212.
6. Стерлядкин В.В., Косов А.С. Определение вертикального профиля водяного пара в атмосфере до 80 км по радиопросвечиванию трассы спутник-Земля // Исследование Земли из космоса. – 2014. – № 3. – С. 14-26.
7. Beer R., Glavich T.A., Rider T.M. Tropospheric emission spectrometer for Earth Observing Systems's Aura satellite // Applied Optics. – 2001. – V. 40. – № 15. – P. 23-56.
8. Chevallier F., Morcrette J.J., Chedin A., Cheruy F. TIGR-like atmospheric-profile databases for accurate radiative-flux computation // Quart. J. of the Roy. Met. Soc. – 2000. – V. 126. – № 563. – P. 777-785.
9. Diedrich H., Preusker R., Lindstrot R., Fischer J. Retrieval of daytime total columnar water vapour from MODIS measurements over land surfaces // Atmospheric Measurement Techniques. – 2015. – V. 8. – P. 823-836.
10. Grossi, M., Valks P., Loyola D., Aberle B. Total column water vapour measurements from GOME-2 MetOp-A and MetOp-B // Atmospheric Measurement Techniques. – 2015. – V.8. – P. 1111-1133/
11. Jaquinet-Husson N., Scott N.A. and etc. The GEISA spectroscopic database: Current and future archive for Earth and planetary atmosphere studies // Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer. – 2008. – V.109. – № 6. – P.1043-1059.
12. Parkinson C.L. Aqua: an Earth-Observing Satellite mission to examine water and other climate variables // Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions. – 2003. – V. 41 – № 2. – P. 173-183.
13. Rothman L.S., Gordon I.E., etc. The HITRAN molecular spectroscopic database // JQSRT. – 2008. – V.110. – P. 533-572.

14. Sobrino J.A. Land surface temperature retrieval from thermal infrared data: An assessment in the context of the Surface Processes and Ecosystem Changes Through Response Analysis (SPECTRA) mission // J. Geophys. Res. – 2005. – V. 110. – P. 161-173.
15. Wang H., Gonzalez A., Liu X., Chanc K. Validation and update of OMI Total Column Water Vapor product // Atmospheric chemistry and physics. – 2016. – № 16. – P.11379-11393.

Поступила 08.06.2020

Техн. ғылым. докторы      А.Х. Ахмеджанов  
Техн. ғылым. канд.        Т.К. Караданов

### СУДЫҢ БУ ҚҰРАМЫНЫҢ ДИНАМИКАСЫ ҚАЗАҚСТАННЫҢ АТМОСФЕРАСЫНДА ЖЕРГІЛІКТІ СЕНСЕНУ МӘЛІМЕТТЕРІНЕ ҚАТЫСТЫ

**Түйінді сөздер:** атмосфера, субуы, мазмұны, радиацияның берілуі, жерді қашықтықтан зондтау, парниктік газдар.

*Қазақстан аумағындағы атмосфералық бағандағы су буының мөлшері жерді ғарыштан қашықтықтан зондтау мәліметтері бойынша қарастырылады. Су буының құрамындағы тік профилдерге талдау жасалды. Атмосфералық бағандағы су буының маусымдық және көпжылдық өзгерістері зерттелді.*

A.H. Akhmedzhanov, T.K. Karadanov

### DYNAMICS OF THE CONTENT OF WATER VAPOR ON THE TERRITORY OF KAZAKHSTAN ACCORDING TO SATELLITE SENSING DATA

**Keywords:** atmosphere, water vapor, content, radiation transfer, remote sensing of the Earth, greenhouse gases.

*The content of water vapor in the atmospheric column on the territory of Kazakhstan is considered according to the data of remote sensing of the Earth from space. The analysis of vertical profiles of water vapor content is carried out. The seasonal and perennial changes in the water vapor content in the atmospheric column were studied.*

---

УДК 551.50.551.582.1

Докт. геогр. наук, проф.

В.С. Чередниченко<sup>1</sup>

Докт. геогр. наук, доцент

А.В. Чередниченко<sup>1</sup>

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ГЛОБАЛЬНОГО  
КЛИМАТА И ЕГО ПРОЯВЛЕНИЕ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ.  
ОБЗОР МАТЕРИАЛОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-  
ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**Ключевые слова:** Изменение климата, глобальная угроза, региональные прогнозы, цикличность, методы обработки, адаптационные риски, уязвимость

*В работе представлен обзор Международной научно-практической конференции “Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы”, которая прошла в октября 2019 г. в Воронежском государственном университете. Освещены разносторонние направления работы конференции и актуальные вопросы, которые обсуждались в процессе работы. Авторы выделяют вероятные перспективные исследования.*

В период с 3 по 5 октября 2019 года в г. Воронеж в Воронежском государственном университете состоялась Международная научно-практическая конференция “Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы” (рис.1.).

Конференция была организована при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований; Министерства науки и высшего образования РФ; Воронежского государственного университета; Русского географического общества; Гидрометеорологического научно-исследовательского центра РФ; Института географии Российской академии наук; Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Целью Международной научно практической конференции было:  
– определение ключевых проблем современной климатологии и снижение рисков в народном хозяйстве;

---

<sup>1</sup>КазНУ имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

- объединение усилий национальных и международных научных центров в области геоэкологии для решения важнейших проблем, связанных с совершенствованием методических задач по прикладной климатологии и гидрометеорологическому обеспечению;
- разработка программы по адаптации с учетом изменения климата для различных климатических зон;
- прогнозирование опасных явлений погоды, с надлежащей заблаговременностью;
- вопросы, связанные с изменением климата и водными ресурсами Российской Федерации и стран СНГ.



*Рис. 1. Открытие конференции международной научно-практической конференции “Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы. Выступление Вильфанда Романа Менделевича. (Снимок автора).*

В конференции приняло участие более трехсот участников, очных и заочных, представлено 246 докладов. В ее работе приняли участие первые специалисты ведущих научных центров, эксперты от производственных организаций, преподаватели и профессора из учебных заведений, а также специалисты научно-производственных лабораторий и учреждений России, ближнего и дальнего зарубежья.

Конференция была разделена на шесть секций, взаимно связанных между собой: глобальные климатические тенденции, модели, прогнозы; региональные особенности современных климатических изменений; региональные гидрологические проявления современных климатических изменений; закономерности трансформации почвенных ресурсов, биоты и ландшафтов в условиях современных климатических изменений и

хозяйственной деятельности; особенности глобальных и региональных климатических изменений в городах; социально-экономические и эколого-медицинские эффекты региональных изменений климата. Образовательные аспекты изменения климата.

Делегация от КазНУ им. аль-Фараби (НИИ проблем биологии и биотехнологии) участвовала в работе всех перечисленных секций, в обсуждении современных проблем и в вопросах, связанных с подготовкой кадров, а также в работе круглых столов.

Большое внимание в рамках конференции было уделено предполагаемым причинам региональных проявлений климата, происходящих в различных частях мира и которые имеют различную направленность, скорость изменения и формы проявления.

Многие докладчики акцентировали свое внимание на анализе причин региональных особенностей проявления климата, и возможные инструменты, которые позволяли бы такие проявления прогнозировать в рамках существующего объема мониторинга за состоянием атмосферы. Было подчеркнуто, что существующей сети наземных станций не достаточно, кроме того, необходимо открывать специализированные наблюдательные пункты.

Делегаты акцентировали внимание на вопросах, связанных с гидрологическими аспектами проявления изменения климата, в частности, изменения режима весенних паводков, их водности, повторяемости и максимальным значениям. Показано, что для различных регионов существует угроза повторяемости серии паводков, в то время как для других регионов может иметь место усиление весенних паводков и смещение их на более ранние сроки. Делегаты акцентировали внимание на вопросах, связанных с управлением водными ресурсами. Было отмечено, что существующие правила технической эксплуатации многих объектов сильно устарели, требуют пересмотра и обновления в связи с изменением режима эксплуатации объекта, а также глобальными процессами, в том числе, изменением климата.

Ряд исследователей представили работы, связанные с биологическим изменением традиционных представителей флоры и фауны. Отмечается, что имеет место климатическая миграция видов, некоторых болезней и их переносчиков на север, что весьма негативно может сказаться на здоровье населения, так как многие медицинские учреждения не готовы к выявлению и диагностике новых заболеваний.

Интересные работы были представлены в рамках ландшафтных изменений, в частности, увеличение числа осадков, а в некоторых регионах наоборот их увеличение в летнее время, которое ведет к существенным изменениям в ландшафтах. И если в геоморфологических циклах Девиса говорится о климатических влияниях на ландшафтообразовательную деятельность, то теперь можно говорить об усилении скорости роли эрозионных и аккумуляционных процессов в их изменениях, о чем в теории нигде не говорится. Таким образом, можно говорить об изменении некоторых классических подходов к изучению формирования ландшафтов.

Большое внимание было уделено климатическим моделям различных научных центров, которые сегодня применяются в России. Имеется несколько научных центров, где разрабатываются собственные региональные и глобальные модели климата, которые могут использоваться в прогнозировании. Однако, сопоставление результатов прогнозирования по ансамблю моделей дает возможность определить пределы и границы достоверности результатов с учетом сроков прогнозирования параметров.

Делегация КазНУ им. аль-Фараби, представила на Пленарном заседании конференции развернутый доклад, подготовленный в рамках выполняемого в институте научно-исследовательского проекта АРО 5131867, по теме: «Сценарий ожидаемого изменения климата в северном Казахстане», а также доклад на тему: «Динамика поверхностного стока республики Казахстан под влиянием изменения климата» на секции: «Региональные гидрологические проявления современных климатических изменений».

Остановимся на некоторых докладах, особенно понравившимся нам. Спектр интересов участников конференции очень широк. Нас, например, интересовали прежде всего доклады о глобальных и региональных изменениях климата.

От организатора и хозяина конференции Воронежского государственного университета было представлено около 55 докладов и более 10 докладов от других организаций г. Воронежа и Воронежской области.

Из докладов, сделанных в секции “Региональные особенности современных климатических изменений”, представителями университета – организаторами конференции – был доклад Акимова Л.М. и соавторов

“Анализ климатических параметров температуры воздуха над европейской территорией России в теплый период” [1]. Авторы, используя архив NCEP/NCAR, показали, что на Европейской территории России в теплый период глобальное изменение климата проявляется лишь при значительном осреднении исходных данных, на большой длине выборки. На текущем временном периоде (1998...2017 гг.), по сравнению с двумя предыдущими периодами скорости роста температуры значительно замедлились. Этот результат хорошо согласуется не только с нашими выводами, но также с выводами исследователей дальнего зарубежья, которые ввели для этого термины *Hiatus* и *Slowdown*. Факт объясняется особенностями взаимодействия поглощения и перераспределения солнечного излучения океаническими поверхностями и течениями.

Данные исследования являются продолжением тех же авторов, начатые ранее и опубликованные в трудах предыдущей конференции по изменению климата в 2012 году [2]. В ней на основе того же архива исходных данных, авторы изучали динамику поля давления над северным полушарием в январе (известно, что глобальное потепление наиболее выражено в холодный период). В работе показано, что в общем при малой изменчивости полей давления в умеренных широтах наблюдаются только локальные изменения. В полярных широтах высокая изменчивость отмечается на всех долготах, траектории циклонов заметно сместились к северу. Очень интересный результат, не этим ли объясняется появление области потепления климата почти на 5 °С в одном из районов Заполярья? Или эффект шире? Данное направление исследований представляется очень перспективным.

Доклады, представленные в секциях 4...6, несмотря на наличие собственного направления исследований, объединены одной целью – оценкой влияния изменения климата, на биоту, ландшафты, хозяйственную деятельность, изменение условий в городах, социально экономические и экологические последствия, т.е. на исследования условий проживания человека и его здоровья. Именно в этом направлении представлено большинство работ сотрудниками Воронежского университета: в секции четыре – 16...18 работ или треть; в секции пять – 12 работ или 50 %; в секции шесть – 9 работ или 25 % от всех докладов. Одна эта статистика указывает на большое внимание со стороны ученых университета к проблеме. Не имея возможности прокомментировать эти разделы, остановимся на работе С.А. Куролапа "Региональные изменения

климата и здоровье населения: прогнозные оценки для территории Центрального Черноземья" [8], поскольку в ней содержатся, как нам представляется, итоговые выводы по проблеме и элементы прогноза для региона. Автор сначала констатирует, что "на фоне роста температурного фона в летний период, вероятно, снизится природно-ресурсный потенциал... региона". На этом фоне рассматриваются возможные тенденции динамики медико-географической ситуации, перечисляются наиболее вероятные заболевания на основе имеющейся статистики. Автор показывает, что уже сейчас на фоне имеющегося роста температуры пришли в регион неизвестные ранее опасные болезни типа лихорадки Западного Нила, возросла активность очагов клещевого боррелиоза. Автор считает, что "в условиях вероятного потепления климата следует ожидать усиления эпидемиологической опасности по большинству "клещевых", "комариных", водных инфекций и паразитных инвазий", а также увеличения частоты заболеваний бронхиальной астмой и систем кровообращения. Результаты прогноза и высказываемые опасения подтверждаются убедительной статистикой.

Доклады, представленные сотрудниками Московского Государственного Университета (МГУ), как всегда, отличались оригинальностью и глубиной. Очень ярким и убедительным был доклад, представленный Снакиным В.В. "О реальности прогноза глобальных климатических изменений" [12]. Автор показал проблемы, существующие в области оценки изменения климата, неоднозначность получаемых результатов и толкований, на необоснованную шумиху в прессе вокруг проблемы. При этом он указывает, на реальную проблему загрязнения окружающей среды, деградации почв, сведении лесов, и необходимость борьбы с этими конкретными явлениями.

В работе "Климатический отклик на большие солнечные циклы" автор Ретеюм А.Ю. [10] анализирует вопрос "какие именно космические силы, контролируют смену климатических циклов?". (Примечательно, что именно профессор МГУ Хромов С.П., известный советский климатолог, почти полвека назад опубликовал в журнале "Метеорология и гидрология" впечатляющую статью с критикой солнечных тропосферных связей вообще и в особенности больших солнечных циклов [16]). В представленной работе автор обстоятельно разобрал ряд известных из истории случаев и показал наличие солнечно-тропосферных связей: "обнаружение периодичности в планетной системе создаёт предпосылки



для учета всех климатообразующих факторов при долгосрочном прогнозировании". Развитие этой же проблемы содержится также в следующей работе автора и соавторов [11].

Доклад Фроловой М.Н. и соавторов "Анализ изменения стока рек европейской территории России по дистанционным и наземным данным" [14] вызвал большой интерес своей оригинальностью и результатами. Авторы, кроме рутинных данных большого числа гидрологических постов и метеорологических станций ЕТР, использовали величины бассейновых водозапаса по данным гравитационных спутников. Анализ бассейновых водозапаса рассчитывался по изменению гравитационного поля Земли с разрешением  $1^\circ \times 1^\circ$  с временной дискретностью один месяц. Авторы получили, что за период 1945...2015 гг. на ЕТР произошло изменение структуры водного баланса, выразившееся в росте величин годового стока, осадков, испарения и потенциального испарения. Неравномерность стока в течение года уменьшилась, но выросла за период межени. В XXI веке рост водозапаса сменился снижением.

Интересны были и другие доклады, представленные специалистами МГУ.

*Главная Геофизическая обсерватория* известна своими успехами в моделировании климата. Из представленных на конференции докладов остановимся на работе "Вероятностное прогнозирование климатических воздействий на экономику России в XXI веке" [4]. Известные исследователи Катцов В.М. и Школьник И.М. обращают внимание на то, что при разработке планов по адаптации к изменению климата необходима информация о возможных рисках даже для занимающих небольшую территорию объектов. Для этого требуется совершенствование аналитического инструментария всех уровней.

На конференции был широко представлен *Институт географии РАН* где, как мы знаем, успешно ведутся исследования по изменению климата. В работе Кононовой Н.К. и соавторов "Исследования процессов формирования климатической изменчивости на внутрисезонных масштабах времени" [6], анализируется для регионов нижнего и среднего Поволжья связь между периодами стабилизации и роста потепления с одной стороны и особенностями циркуляции – с другой.

В другой работе этих же авторов [7] выполнено статистическое моделирование и проанализированы причины замедления роста температуры, начиная с XXI века. Сформулирован прогноз на ближайшие

20...30 лет: "можно ожидать очередного небольшого периода стабилизации". Ну, посмотрим.

*Гидрометцентр России.* В работе "Влияние крупномасштабных режимов циркуляции атмосферы на формирование гидрологических аномалий в речных бассейнах, на примере бассейнов реки Амур" [13], известный метеоролог Вильфанд Р.М. и коллеги показывают, что в настоящее время увеличивается повторяемость экстремальных крупномасштабных метеорологических процессов. Причину этого они видят в повышении средней температуры тропосферы, что приводит к блокированию зонального переноса. Авторы рассматривают пути и способы прогнозирования таких аномалий, например, с помощью процедуры статистической коррекции сезонных прогнозов.

В другой работе тех же авторов "Оперативное метеорологическое прогнозирование на месячных и сезонных интервалах времени в рамках СЕАКЦ" [15] излагается довольно детальная информация о деятельности Северо-Евразийского климатического центра, как звена ВМО, и его задачах, по мониторингу и прогнозированию короткопериодных колебаний климата. На СЕАКЦ авторами возлагаются большие надежды.

*ВНИИГМИ-МЦД.* Работа Б.Г. Шерстюкова [17], известного климатолога, интересна тем, что он, заметив целый ряд несоответствий и недостатков, заложенных в большинство климатических моделей, например, парниковые газы, как первопричина изменения климата, и др. предлагает, и не безуспешно, пути модернизации климатических моделей. Он предлагает например, использование дальних асинхронных связей для климатического прогноза и на статистическом материале показывает, что это возможно. Существует, однако, проблема устойчивости таких связей.

В работе "Тенденции современной продолжительности солнечного сияния на территории России" [5], автор Клещенко Н.А. показывает, что имеет место тенденция к росту продолжительности солнечного сияния, такой же тренд наблюдается над рядом Европейских стран. Этот фактор еще не учитывается в климатических моделях.

Кроме отмеченных выше работ от ведущих учреждений России, интересные доклады представили другие учреждения: *Казанский (Приволжский) Федеральный университет* – Переведенцев Ю.П. и соавторы [9], *Пермский Государственный Национальный Исследовательский университет* – Калинин Н.А. и соавторы [3], другие университеты России и научные учреждения.

Результаты конференции имеют не только большое научно-практическое значение, в первую очередь для участников, но и для наработки методических подходов, которые могут лечь в основу будущих методов прогнозирования и для оценки адаптации. Следует помнить, что кроме прямого обмена мнениями между участниками конференции, что уже будет способствовать улучшению качества выполняемых научных работ, растет общая осведомлённость населения об одной из важнейших глобальных проблем современного периода. По этой причине, конференция несет не только научную компоненту, но и важный социальный вклад в решение возникающих проблем, и является площадкой для обучения молодых исследователей, которые имеют возможность представить свои доклады и получить консультации у известнейших ученых России.

В рамках освещения деятельности Воронежского университета были организованы различные мероприятия, в том числе обзорная экскурсия по обсерватории. Здесь делегатам рассказали о задачах и целях работы обсерватории, ее техническое вооружение и перспективы развития на ближайшее время, рис. 2. Стоит отметить, что здесь студенты обучаются основам метеорологического мониторинга, умению обращаться с приборами, обрабатывать результаты, а также формировать телеграмму для прогнозных карт. Данная обсерватория является одним из звеньев подготовки местных специалистов.



*Рис.2. Участники конференции во время обзорной экскурсии по учебной обсерватории университета. (Снимок автора).*

Не смотря на то, что конференция такого уровня проводится раз в пять лет, ее актуальность и востребованность, как площадки для общения, подчеркивается количеством участников не только в самой России, но и из стран ближнего и дальнего зарубежья. Авторы надеются, что следующая конференция соберет не меньшее количество исследователей, которые представят не менее интересные и актуальные доклады, в которых будут подняты важнейшие проблемы глобального и регионального изменения климата.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов Л.М., Задорожная Т.Н. Особенности климатических тенденций атмосферной циркуляции в различных широтных зонах северного полушария / Региональные эффекты глобальных изменений климата (Причины, последствия, прогнозы). Материалы международной научной конференции (г. Воронеж, 26-27 июня 2012 г.) Воронеж: Изд. «Научная книга», 2012. – С. 17-22.
2. Акимов Л.М., Задорожная Т.Н., Закусилов В.П. Анализ климатических параметров температуры воздуха на Европейской территории России в летний период / Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы: Материалы международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 3-5 октября 2019 г.) / Под общ. редакцией С.А. Куролапа, Л.М. Акимова, В.А. Дмитриевой. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2019. – Том 1. – С. 13-19.
3. Калинин Н.А., Сивков Б.А., Пищальникова Е.В. Оценка термодинамического состояния атмосферы при сильных осадках на территории Пермского края с помощью параметров неустойчивости / Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы: Материалы международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 3-5 октября 2019 г.) / Под общ. редакцией С.А. Куролапа, Л.М. Акимова, В.А. Дмитриевой. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2019. – Том 1. – С. 43-45.
4. Катцов В.М., Школьник И.М. Вероятностное прогнозирование климатических воздействий на экономику России в 21-м веке / Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы: Материалы международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 3-5 октября 2019 г.) / Под общ. редакцией С.А. Куролапа, Л.М. Акимова, В.А. Дмитриевой. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2019. – Том 1. – С. 50-51.

5. Клещенко Л.К. Тенденции современных изменений продолжительности солнечного сияния на территории России / Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы: Материалы международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 3-5 октября 2019 г.) / Под общ. редакцией С.А. Куролапа, Л.М. Акимова, В.А. Дмитриевой. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2019. – Том 1. – С.53-58.
6. Кононова Н.К., Морозова С.В., Полянская Е.А. Исследование процессов, формирующих климатическую изменчивость на внутрисезонных масштабах времени / Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы: Материалы международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 3-5 октября 2019 г.) / Под общ. редакцией С.А. Куролапа, Л.М. Акимова, В.А. Дмитриевой. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2019. – Том 1. – С. 59-63.
7. Кононова Н.К., Морозова С.В., Полянская Е.А. Физико-статистическое моделирование климатических процессов на основе учета обратных связей / Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы: Материалы международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 3-5 октября 2019 г.) / Под общ. редакцией С.А. Куролапа, Л.М. Акимова, В.А. Дмитриевой. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2019. – Том 1. – С. 64-67.
8. Куролап С.А. Региональные изменения климата и здоровье населения: прогнозные оценки для территории Центрального Черноземья / Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы: Материалы международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 3-5 октября 2019 г.) / Под общ. редакцией С.А. Куролапа, Л.М. Акимова, В.А. Дмитриевой. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2019. – Том 1. – С. 339-343.
9. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Васильев А.А., Гурьянов В.В., Николаев А.А. Региональные проявления экстремальности современного климата / Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы: Материалы международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 3-5 октября 2019 г.) / Под общ. редакцией С.А. Куролапа, Л.М. Акимова, В.А. Дмитриевой. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2019. – Том 1. – С. 247-251.

10. Ретеюм А.Ю. Климатический отклик на большие солнечные циклы / Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы: Материалы международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 3-5 октября 2019 г.) / Под общ. редакцией С.А. Куролапа, Л.М. Акимова, В.А. Дмитриевой. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2019. – Том 1. – С. 84-88.
11. Ретеюм А.Ю., Иванова А.О., Мальгина Л.О. Катастрофические последствия изменений климата у границы 1430-летних солнечных циклов. Пример цивилизации Наска / Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы: Материалы международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 3-5 октября 2019 г.) / Под общ. редакцией С.А. Куролапа, Л.М. Акимова, В.А. Дмитриевой. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2019. – Том 1. – С. 89-91.
12. Снакин В.В. О реальности прогнозов глобальных климатических изменений / Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы: Материалы международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 3-5 октября 2019 г.) / Под общ. редакцией С.А. Куролапа, Л.М. Акимова, В.А. Дмитриевой. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2019. – Том 1. – С. 92-97.
13. Тищенко В.А., Хан В.М., Вильфанд Р.М., Круглова Е.Н., Куликова И.А. Влияние крупномасштабных режимов циркуляции атмосферы на формирование гидрологических аномалий в речных бассейнах на примере бассейна реки Амур / Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы: Материалы международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 3-5 октября 2019 г.) / Под общ. редакцией С.А. Куролапа, Л.М. Акимова, В.А. Дмитриевой. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2019. – Том 1. – С. 104-106.
14. Фролова Н.Л., Григорьев В.Ю., Киреева М.Б., Харламов М.А. Анализ изменения стока рек Европейской территории России по дистанционным и наземным данным / Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы: Материалы международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 3-5 октября 2019 г.) / Под общ. редакцией С.А. Куролапа, Л.М. Акимова, В.А. Дмитриевой. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2019. – Том 1. – С. 520-524.

15. Хан В.М., Вильфанд Р.М., Тищенко В.А. Круглова Е.Н., Куликова И.А., Ганиева Е.С. Оперативное метеорологическое прогнозирование на месячных и сезонных интервалах времени в рамках Северо-Евразийского климатического центра / Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы: Материалы международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 3-5 октября 2019г.) / Под общ. редакцией С.А. Куролапа, Л.М. Акимова, В.А. Дмитриевой. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2019. – Том 1. – С. 107-109.
16. Хромов С.П. Солнечные циклы и климат // Метеорология и гидрология, 1973. – № 9. – С. 93–110.
17. Шерстюков Б.Г. Внешние факторы и дальние асинхронные связи в климатической системе как основа для прогноза природных колебаний температуры воздуха на три десятилетия / Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы: Материалы международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 3-5 октября 2019 г.) / Под общ. редакцией С.А. Куролапа, Л.М. Акимова, В.А. Дмитриевой. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2019. – Том 1. – С. 115-119.

Поступила 23.12.2019

Геогр. ғылымд. докт., проф. В.С. Чередниченко  
 Геогр. ғылымд. докт., доцент А.В. Чередниченко

**ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ЖАҒАНДЫҚ КЛИМАТ ЖӘНЕ ОНЫҢ  
 АЙМАҚТЫҚ ДЕҢГЕЙДЕ КӨРІНІСІН ЗЕРТТЕУІНДЕГІ  
 ЗАМАНАУИ ТӘСІЛДЕРІ. ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-  
 ПРАКТИКАЛЫҚ КОНФЕРЕНЦИЯ МАТЕРИАЛДАРЫНА ШОЛУ**

*Түйін сөздер:* климаттың өзгеруі, ғаламдық қауіп, аймақтық болжамдар, циклдық, өңдеу әдістері, бейімделу қауіптері, осалдық

*Жұмыста 2019 жылдың қазан айында Воронеж мемлекеттік университетінде өткен «Климаттың ғаламдық өзгеруі: аймақтық әсерлер, модельдер, болжамдар» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференцияға шолу берілген. Конференцияның жан-жақты бағыттары мен жұмыс процессінде талқыланған өзекті мәселелерге тоқталды. Авторлар ықтимал зерттеулерге назар аударады.*

V.S. Cherednichenko, A.V. Cherednychenko

**MODERN APPROACHES TO STUDYING THE GLOBAL  
CLIMATE AND ITS MANIFESTATION AT THE REGIONAL  
LEVEL. REVIEW OF MATERIALS OF THE INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE**

**Key words:** Climate change, global threat, regional forecasts, cyclicity, processing methods, adaptation risks, vulnerability

*The article provides an overview of the International Scientific and Practical Conference "Global Climate Change: Regional Effects, Models, Forecasts", which was held in October 2019 at Voronezh State University. Highlighted the versatile areas of the conference and topical issues that were discussed in the process. The authors highlight probable prospective studies.*



**ПАМЯТИ БОГОЛЮБОВОЙ ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНЫ**

24 июня 2020 года после тяжелой болезни, ушла из жизни замечательный педагог, светлый, умный, добрый человек, кандидат физико-математических наук, доцент Боголюбова Елена Валентиновна.

Елена Валентиновна, в 1972 году, после окончания физического факультета Ташкентского Государственного университета им. В.И. Ленина кафедры физики атмосферы (метеорология) работала в Бюро погоды КазУГКС в Казахском научно-исследовательском гидрометеорологическом институте и Научно-производственном центре (Казселезащита). В 1985 году закончила очную аспирантуру Гидрометцентра СССР и успешно защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 11.00.09 – метеорология, климатология, агрометеорология. С 1994 года Елена Валентиновна работала в Казахском Национальном Университете, на кафедре метеорологии и гидрологии.

Ее отличал высочайший профессионализм, безупречная честность, беззаветная преданность своей работе. Елена Валентиновна, была не

только ответственным, замечательным педагогом, но и многогранным, талантливым человеком, увлекающейся музыкой, спортом, коллекционированием. Елена Валентиновна была красивым, интеллигентным человеком, с приветливой улыбкой, которая дарила не только знания, но и тепло своего сердца коллегам и студентам. Это конечно же было взаимным. Общение с Еленой Валентиновной приносило только позитив, радость и заряд энергии.

Коллектив факультета географии и природопользования, коллектив РГП "Казгидромет", редакция журнала "Гидрометеорология и экология" скорбят о невосполнимой утрате и выражают искренние соболезнования родным и близким. Светлая память о Елене Валентиновне навсегда останется в наших сердцах.