

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

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

*Ministry of ecology,  
geology and natural resources  
Republic of Kazakhstan  
Republican State  
Enterprise « Kazhydromet»*

# ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ежеквартальный  
научно-технический журнал

# ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ

әр тоқсанда шығарылатын  
ғылыми-техникалық журнал

# HYDROMETEOROLOGY AND ECOLOGY

Quarterly  
scientific and technical journal

## № 4

АЛМАТЫ, 2021  
ALMATY, 2021

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР	Д.К. Алимбаева
ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА	Н.И. Ивкина С.Б. Саиров
ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ	А.В. Галаева
РЕДАКЦИЯ	Н.И. Ивкина Н.Н. Абаев А.Ф. Елтай А.В. Галаева
РЕДКОЛЛЕГИЯ	Р.Г. Абдрахимов (Алматы, Казахстан) А.Х. Ахмеджанов (Алматы, Казахстан) Н.Н. Абаев (Нур-Султан, Казахстан) М.Ж. Бурлибаев (Алматы, Казахстан) А.А. Волчек (Брест, Беларусь) В.Ю. Георгиевский (Санкт-Петербург, Россия) А.В. Галаева (Алматы, Казахстан) С.А. Долгих (Алматы, Казахстан) А.Ф. Елтай (Нур-Султан, Казахстан) И.Б. Есеркепова (Алматы, Казахстан) А.Р. Медеу (Алматы, Казахстан) Е.Ж. Муртазин (Алматы, Казахстан) Ж.С. Мустафаев (Алматы, Казахстан) К. Опш (Марбург, Германия) 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** **№4 (103)**

© Журнал издается с 1995 года.  
Регистрационное свидетельство  
№ 1538 от 14 марта 1995 г.  
Адрес редакции: 050022, Алматы,  
пр. Абая, д. 32, к. 305, 307  
Телефон: (7272) 67-64-91; 55-84-06;  
E-mail: [hydromet.journal@gmail.com](mailto:hydromet.journal@gmail.com)  
<https://mag.kazhydromet.kz/index.php/ecologia/>

<http://www.kazhydromet.kz>

Подписано в печать

Формат бумаги 70 x 100/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.

Объем 14,1 п.л. Тираж 500 экз. Заказ

EDITOR-IN-CHIEF	D.K. Alimbayeva
DEPUTY CHIEF EDITORS	N.I. Ivkina S.B. Sairov
EXECUTIVE SECRETARY	A.V. Galayeva
EDITORIAL TEAM	N.I. Ivkina N.N. Abayev A.G. Yeltay A.V. Galayeva
EDITORIAL BOARD	R.G. Abdrakhimov (Almaty, Kazakhstan) A.H. Akhmedzhanov (Almaty, Kazakhstan) N.N. Abayev (Nur-Sultan, Kazakhstan) M.Zh. Burlibayev (Almaty, Kazakhstan) A.A. Volchek (Brest, Belarus) V.Y. Georgievsky (Saint Petersburg, Russia) A.V. Galayeva (Almaty, Kazakhstan) S.A. Dolgikh (Almaty, Kazakhstan) A.G. Yeltay (Nur-Sultan, Kazakhstan) I.B. Eserkepova (Almaty, Kazakhstan) A.R. Medeu (Almaty, Kazakhstan) E.Zh. Murtazin (Almaty, Kazakhstan) Zh.S. Mustafayev (Almaty, Kazakhstan) K.Opp (Marburg, Germany) E.V. Ostrovskaya (Astrakhan, Russia) V.G. Salnikov (Almaty, Kazakhstan) S.G. Safarov (Baku, Azerbaijan) A.G. Terekhov (Almaty, Kazakhstan) A.V. Cherednichenko (Almaty, Kazakhstan)

## **HYDROMETEOROLOGY AND ECOLOGY** **№4 (103)**

© The magazine has been published since 1995.

Registration certificate

№ 1538 from 14 March 1995

Editorial office address: 050022, Almaty,

Abay Ave., app. 32, room. 305, 307

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

E-mail: [hydromet.journal@gmail.com](mailto:hydromet.journal@gmail.com)

<https://mag.kazhydromet.kz/index.php/ecologia/>

<http://www.kazhydromet.kz>

Signed to the press

Paper size 70 x 100/16. Offset printing. Offset paper.

Volume 14,1 p.s. Edition 500 cop. Order

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

**Ж.С. Мустафаев, Л.М. Рыскулбекова**

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕЧНОГО БАСЕЙНА С МАТЕМАТИЧЕСКИМ АНАЛИЗОМ (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ИЛЕ). . . . . 6

**Е.Б. Кеукенов, К.М. Джаналеева**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОРЕСУРСОВ КАРКАРАЛИНСКИХ ГОР. . . . . 20

**Б.Т. Жездибаева, А.Т. Мамытова**

ИССЛЕДОВАНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ БАСЕЙНА РЕКИ ЖАЙЫК. 29

**К.К. Дускаев, А.Г. Чигринец, М.Н. Тұрсынғали, С.Т. Ахметова, А.К. Мусина**

АНТРОПОГЕНДІК ҮҚПАЛ ӘСЕРІНЕН АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНЫҢ ГИДРОГРАФИЯЛЫҚ ЖЕЛІСІНІҢ ӨЗГЕРУІ. . . . . 38

### ОБЗОРЫ И КОНСУЛЬТАЦИИ

**M.F. Suleymanov**

CHANGE IN SURFACE AIR TEMPERATURE REGIME AND ITS POTENTIAL IMPACT ON THE CONDITIONS OF TAKE-OFF AND LANDING OF AIRCRAFT IN GANJA-GAZAKH REGION . . 48

**С.А. Долгих, Ж.К. Исабекова, И.В. Вережкина, С.Е. Ибраев, Е.Н. Муканов, И.М. Амирова, Н.И. Ивкина, Е.И. Васенина, Е.Ю. Смирнова, Б.Т. Жездибаева**

СТИХИЙНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ, НАБЛЮДАВШИЕСЯ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА В 2020 ГОДУ. . . . . 53

### ХРОНИКА

**ИЛЯКОВА РЫЗВАНГУЛЬ МАРИКОВНА (К 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ) . . . . . 87**

**ЖЕЗДИБАЕВА БАКЫТ ТОЛЕУБЕКОВНА (К 50-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ) . . . . . 88**

## CONTENT

### SCIENTIFIC ARTICLES

- Zh.S. Mustafaev, L.M. Ryskulbekova**  
GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF SURFACE WATER OF A RIVER BASIN WITH  
MATHEMATICAL ANALYSIS (ON THE EXAMPLE OF THE ILE RIVER). . . . . 6
- E.B. Keukenov, K.M. Dzhanaleeva**  
USE OF BIOLOGICAL RESOURCES OF THE KARKARALY MOUNTAINS. . . . . 20
- NB.T. Zhezdibaeva, A.T. Mamytova**  
STUDY OF SNOW COVER IN THE TERRITORY OF THE ZHAIYK RIVER BASIN. . . . . 29
- K.K. Duskaev, A.G. Chigrinets, M.N. Tursyngali, S.T. Akhmetova, A.K. Mussina**  
TRANSFORMATION OF THE HYDROGRAPHIC NETWORK OF ALMATY DUE TO  
ANTHROPOGENIC INFLUENCE. . . . . 38

### REVIEWS AND CONSULTATIONS

- M.F. Suleymanov**  
CHANGE IN SURFACE AIR TEMPERATURE REGIME AND ITS POTENTIAL IMPACT ON THE  
CONDITIONS OF TAKE-OFF AND LANDING OF AIRCRAFT IN GANJA-GAZAKH REGION . . 48
- TS.A. Dolgikh, Zh.K. Isabekova, I.V. Verevkina, S.E. Ibraev, E.N. Mukanov, I.M. Amirova, N.I.  
Ivkina, E.I. Vasenina, E.Yu. Smirnova, B.T. Zhezdibaeva**  
STUDY OF TALASS DISTRICT SOIL COVER IN ZHAMBYL REGION. . . . . 53

### CHRONICLE

- ILAKOVA RIZVANGUL MARIKOVNA**  
(ON THE 60-TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH) . . . . . 87
- ZHEZDIBAEVA BAKYT TOLEUBEKOVNA**  
(ON THE 50-TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH). . . . . 88

УДК 504.05:556.53

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕЧНОГО БАССЕЙНА С МАТЕМАТИЧЕСКИМ АНАЛИЗОМ (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ИЛЕ)

Ж.С. Мустафаев<sup>1</sup> д.т.н., Л.М. Рыскулбекова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский Национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан  
E-mail: z-mustafa@rambler.ru

На основе структурного анализа комплексных гидрохимических индексов оценки загрязнения поверхностных вод, используемых в различных речных бассейнах, и законов лимитирующих факторов получена математическая модель в виде коэффициента предельно-допустимой загрязненности воды ( $K_{ндзи}$ ), представляющей произведение коэффициента водности ( $K_b$ ) и предельной загрязненности воды ( $K_{нзи}$ ). Результаты моделирования, вместе с индексом загрязненности воды (ИЗВ), использованы для геоэкологической оценки качества поверхностных вод бассейна реки Иле в пространственно-временном масштабе с учетом нормативных критериев предельно-допустимых концентраций загрязняющих веществ для водоемов рыбохозяйственного назначения, которые показали, что между коэффициентом предельно допустимой загрязненности воды ( $K_{ндзи}$ ) и индексом загрязненности воды (ИЗВ) имеется ярко выраженная связь, которая описывается логарифмическим уравнением, и позволяющая использовать данные характеристики для оценки экологического состояния водных объектов. Оценка качества воды проведена для четырёх гидрологических створов водосборного бассейна реки Иле, которая показала, что загрязнение воды носит трансграничный характер, так как на гидрологическом посту Добын, расположенному на границах Республики Казахстан и Китайской Народной Республики, качество воды оценивается как «загрязненная», а от Капшагайского водохранилища до озера Балхаш – «умеренно загрязненная», где за счет самоочищающейся способности водной экосистемы и вод, поступающих от притоков, происходит некоторое улучшение качества воды.

**Ключевые слова:** бассейн реки, гидрохимические показатели, загрязнение, оценка качества воды, метод, анализ, свойства природных процессов

Поступила 26.10.21

DOI:10.54668/2789-6323-2021-103-4-6-19

### ВВЕДЕНИЕ

Водосборная территория речных бассейнов представляет собой многокомпонентные геосистемы имеющие единство гидрогеохимических потоков, выполняющие важные средообразующие и экологические функции и являющиеся пространственными базисами природопользования и природообустройства с разнообразными целями использования, в рамках которых открывается возможность комплексной оценки состояния водных объектов. Для осуществления

количественной и качественной оценки деятельности на водосборных территориях речных бассейнов с использованием разнообразных принципов и методов необходимы многолетние систематизированные объективные гидрологические, гидрогеохимические и хозяйственные информационно-аналитические материалы. При этом научная и практическая целесообразность этой проблемы определяется еще и тем, что от правильного выбранного принципа и метода во многом зависит обоснованность и достоверность прогнозов геоэкологического состояния

водосборных территорий речных бассейнов, которые требуют необходимости структурного анализа комплексных гидрохимических индексов оценки загрязнения поверхностных вод, на основе законов природы, принципов и свойств природных процессов. Решению этой задачи способствует система мониторинга, данные которого служат информационно-аналитической основой для принятия управленческих решений по водохозяйственной деятельности, управления качеством водных ресурсов, прогнозирования экологического состояния и оценки влияния на них антропогенной деятельности.

**Объект исследования** – водосборная территория бассейна реки Иле, являющейся основной водной артерией бассейна озера Балкаш. Река Иле берет начало на ледниках Музарт в Центральном Таниртау на горном хребте в Кыргызстане и частично Казахстане, ее истоком является река Текес, затем течет по территории КНР, где сливается с реками Кунес и Каш, затем снова входит в пределы Республики Казахстан и на 1001-м км впадает в озеро Балкаш. Общая длина реки составляет 1439 км, а в пределах Республики Казахстан – 815 км. Площадь водосборной территории бассейна реки Иле на территории Казахстана составляет 77400 км<sup>2</sup>, стокоформирующая часть бассейна расположена на территории Китайской Народной Республики (густота сети – от 0,6 до 3 км/км<sup>2</sup>) [3, 6].

**Цель исследований** – для повышения точности и надежности определения норматива предельно-допустимой концентрации загрязняющих веществ в водотоках выполнена разработка их математических моделей, основанных на учете водности и законов нелинейности природных процессов и методов построения логистической регрессивной нелинейной системы уравнений на основе принципов природных

$$ИЗВ = \frac{1}{6} \cdot \sum \frac{C_{i-6}}{ПДК_{i-6}}, \quad (1)$$

где  $n$  – строго лимитируемое количество показателей (ингредиентов), берущихся для расчета, имеющих наибольшее значение, независимо от того, превышают они  $ПДК_i$  или нет, включая показатель растворенного кислорода  $БПК_5$ . Для поверхностных вод суши  $n = 6$ ;  $C_i$  – концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества в воде;  $ПДК_i$  –

аналогий и интеграций знаний.

Необходимость постановки и решения данной задачи возникает в связи с тем, что практическая потребность оценки степени загрязнения водных ресурсов в условиях антропогенной деятельности обуславливает рассмотрение их уровня организации, как сложной динамической саморегулируемой системы.

## МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Программы мониторинга качества воды стали наиболее важными для разработки четкого понимания процессов качества воды для лиц, принимающих решения, для понимания, интерпретации и использования этой информации при разработке стратегий сохранения водных ресурсов в мире, что стало предпосылкой для совершенствования методики определения индекса загрязнения [14, 17], использования энтропии Шеннона [10, 15] в качестве инструмента для разработки энтропийно-взвешенного индекса качества воды (EWQI) [13]. Также показаны возможности широкого использования индекса качества воды (WQI) [12, 16], как метода оценки качества воды для различных речных бассейнах по всему миру.

Существует большое количество работ, среди которых одним из наиболее распространенных комплексных показателей качества воды является гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ) [4], в качестве интегральной характеристики загрязненности поверхностных вод используются классы качества воды, которые для поверхностных вод проводятся только по строго ограниченному количеству ингредиентов по формуле:

предельно допустимая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества.

Определение индекса загрязненности воды (ИЗВ\*), которое осуществляют путем умножения коэффициента водности ( $K = Q_{факт} / Q_{ср.мн.}$ ) на рассчитанный индекс загрязненности воды (ИЗВ), производится по следующей формуле [11]:

$$ИЗВ^* = ИЗВ \cdot K = \frac{1}{n} \sum_i \frac{C_i}{ПДК_i} \cdot \frac{Q_{факт}}{Q_{ср.мн.}} \quad (2)$$

где  $C_i$  – фактическая концентрация  $i$ -го ингредиента;  $ПДК_i$  – предельно-допустимая концентрация ингредиента, соответствующая назначению водного объекта;  $Q_{факт}$  – фактический расход воды ( $м^3/с$ );  $Q_{ср.мн.}$  – среднемноголетний расход воды ( $м^3/с$ ); – количество ингредиентов, по которым осуществлялся расчет.

Предельно-допустимая концентрация

$$ПДК_i = C_{\phi} / C_n \quad (3)$$

где  $C_n$  – предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ;  $C_{\phi}$  – фоновые концентрации химических веществ в водотоках.

Лимитирующий показатель вредности (ЛПВ) – показатель, характеризующийся наибольшей безвредной концентрацией в воде, ко-

$$\sum_i^N \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1,0 \quad (4)$$

где  $C_i$  – концентрация веществ в воде водоема, фактическая или расчетная (для проектируемых выпусков),  $мг/л$ ;  $ПДК_i$  – предельно-допустимая концентрация того же вещества,  $мг/л$ ;  $N$  – общее число веществ одного ЛПВ, присутствующих в воде водоема.

Таким образом, все увеличивающиеся количество методов оценок качества поверхностных вод речных бассейнов, растущее разнообразие принципов и способов их построения требует всестороннего структурного и системного анализа на их соответствие законам природы и природных процессов.

Исследование основано на применении аппарата математического моделирования качества поверхностных вод, предусматривающего использование классических подходов (с ис-

пользованием уравнения масса переноса и статистических методов обработки информации), и современного опыта создания и исследования моделей оценки качества поверхностных вод водных объектов.

пользованием уравнения масса переноса и статистических методов обработки информации), и современного опыта создания и исследования моделей оценки качества поверхностных вод водных объектов.

При решении поставленных задач исследования использованы многолетние информационно-аналитические материалы «Ежегодные данные о качества поверхностных вод Республики Казахстан» республиканского государственного предприятия (РГП) «Казгидромет» и «Балкаш-Алакольской бассейновой инспекции по регулированию использования и охраны водных ресурсов» Комитета по водным ресурсам Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан (табл. 1).

При решении поставленных задач исследования использованы многолетние информационно-аналитические материалы «Ежегодные данные о качества поверхностных вод Республики Казахстан» республиканского государственного предприятия (РГП) «Казгидромет» и «Балкаш-Алакольской бассейновой инспекции по регулированию использования и охраны водных ресурсов» Комитета по водным ресурсам Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан (табл. 1).

Таблица 1

Концентрации загрязняющих веществ в речной воде на водосборе бассейна реки Или в пространственно-временном масштабе

Показатель	Средние концентрации загрязняющих веществ за период, год					
	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Река Иле – в створе гидропоста пристань Добын						
Расход воды ( $Q$ ), $м^3/с$	409	370	480	595	398	470
Взвешенные вещества, $мг/л$	751,6	123,3	49,2	88,56	117,9	132,1
Азот аммонийный ( $NH_4$ ), $мг/л$	0,100	0,11	0,060	0,063	0,060	0,064
Азот нитритный ( $NO_2$ ), $мг/л$	0,010	0,03	0,06	0,067	0,074	0,034
Азот нитратный ( $NO_3$ ), $мг/л$	1,000	0,87	0,72	1,201	1,125	1,040
Нефтепродукты, $мг/л$	0,060	0,07	0,03	0,025	0,035	0,041
Хлориды ( $Cl$ ), $мг/л$	8,870	6,550	12,86	13,12	13,25	13,52
Сульфаты ( $SO_4$ ), $мг/л$	76,70	77,06	62,38	42,75	55,04	57,01
Железо общее ( $Fe$ ), $мг/л$	0,180	0,300	0,340	0,233	0,300	0,300



Показатель	Средние концентрации загрязняющих веществ за период, год					
	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Медь (Cu), мг/л	3,33	14,52	7,10	7,278	7,360	7,520
Цинк (Zn), мг/л	5,00	22,46	4,00	2,005	2,546	3,008
Река Иле – в створе гидропоста выше 164 км Капшагайской ГЭС						
Расход воды (Q), м <sup>3</sup> /с	454,0	433,0	521,0	750,0	447,0	388,0
Взвешенные вещества, мг/л	–	120,6	69,0	–	–	–
Азот аммонийный (NH <sub>4</sub> ), мг/л	0,063	0,070	0,110	0,127	0,134	0,138
Азот нитритный (NO <sub>2</sub> ), мг/л	0,011	0,03	0,02	0,020	0,025	0,030
Азот нитратный (NO <sub>3</sub> ), мг/л	1,080	0,94	0,89	0,599	0,900	1,170
Нефтепродукты, мг/л	0,043	0,05	0,03	0,011	0,021	0,017
Хлориды (Cl), мг/л	9,900	7,31	11,80	23,60	20,52	25,31
Сульфаты (SO <sub>4</sub> ), мг/л	80,53	80,91	79,43	103,3	86,08	95,97
Железо общее (Fe), мг/л	0,084	0,14	0,14	0,074	0,130	0,140
Медь (Cu), мг/л	1,449	6,32	8,08	7,78	6,950	5,913
Цинк (Zn), мг/л	3,105	13,95	1,95	1,763	2,595	2,854
Река Иле – в створе гидропоста Капчагай 26 км ниже ГЭС						
Расход воды (Q), м <sup>3</sup> /с	451	526	533	718	362	572
Взвешенные вещества, мг/л	20,6	40,0	14,2	–	–	–
Азот аммонийный (NH <sub>4</sub> ), мг/л	0,05	0,08	0,09	0,009	0,140	0,270
Азот нитритный (NO <sub>2</sub> ), мг/л	0,01	0,01	0,01	0,005	0,010	0,015
Азот нитратный (NO <sub>3</sub> ), мг/л	0,56	0,81	2,14	0,573	1,146	1,490
Нефтепродукты, мг/л	0,150	0,050	0,020	0,009	0,014	0,020
Хлориды (Cl), мг/л	35,03	5,65	70,31	87,88	96,67	104,4
Сульфаты (SO <sub>4</sub> ), мг/л	98,34	78,0	70,28	79,42	88,94	93,18
Железо общее (Fe), мг/л	0,11	0,05	0,13	0,065	0,030	0,045
Медь (Cu), мг/л	1,75	4,36	5,030	5,028	5,123	5,252
Цинк (Zn), мг/л	3,63	8,11	3,19	2,468	3,208	3,401
Река Иле – в створе гидропоста – село Ушжарма						
Расход воды (Q), м <sup>3</sup> /с	451	552	539	598	493	472
Взвешенные вещества, мг/л	40,4	34,9	33,0	–	–	–
Азот аммонийный (NH <sub>4</sub> ), мг/л	0,03	0,05	0,06	0,08	0,101	0,113
Азот нитритный (NO <sub>2</sub> ), мг/л	0,020	0,010	0,010	0,020	0,023	0,025
Азот нитратный (NO <sub>3</sub> ), мг/л	0,460	0,850	0,670	0,824	0,865	0,952
Нефтепродукты, мг/л	0,17	0,07	0,02	0,007	0,030	0,060
Хлориды (Cl), мг/л	30,28	8,26	12,21	18,32	21,37	24,42
Сульфаты (SO <sub>4</sub> ), мг/л	88,84	78,02	82,13	87,73	86,24	90,34
Железо общее (Fe), мг/л	0,09	0,05	0,05	0,068	0,073	0,072
Медь (Cu), мг/л	1,00	3,96	7,26	7,52	7,78	7,41
Цинк (Zn), мг/л	6,67	14,15	1,95	1,933	2,050	2,071

Таким образом, при геоэкологической оценке качества поверхностных вод в водосборах бассейна реки Иле в качестве потенциально важных предикторов в базу данных включены азот аммонийный (NH<sub>4</sub>), азот нитритный (NO<sub>2</sub>), азот нитратный (NO<sub>3</sub>), хлориды (Cl), сульфаты (SO<sub>4</sub>), медь (Cu), цинк (Zn), железо общее (Fe), характеризующих качества поверхностных вод.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Закон лимитирующего (ограничивающего) фактора или закон минимума Либиха – один из фундаментальных законов в экологии, гласящий, что наиболее значим для организма тот фактор, который более всего отклоняется от оптимального его значения и позволяющий определить лимитирующий признак вредного

действия на организм человека качества воды в водосборах речного бассейна [7].

Нормирование веществ по лимитирующему признаку вредного действия на организма человека в условиях антропогенного загрязнения водных объектов можно определить по двум признакам, то есть по совокупности коэффициента водности  $K_b$ , как отношение фактического расхода воды ( $Q_p$ , м<sup>3</sup>/с) к среднемуголет-

нему расходу воды ( $Q_{cp}$ , м<sup>3</sup>/с) и коэффициента предельной загрязненности ( $K_{nz}$ ) или индекса загрязненности воды (ИЗВ), который рассчитывается как сумма приведенных к ПДК<sub>i</sub> фактических значений основных показателей качества воды ( $C_i$ ).

Индекс загрязнения воды широко используется в мировой практике в качестве интегрального показателя качества воды [5]:

$$ИЗВ = \frac{1}{N} \sum_i^N \frac{C_i}{ПДК_i} \quad (5)$$

При этом, характеристику загрязненности, то есть коэффициента предельной загрязненности воды несколькими веществами ( $N$ ) через показатель кратности сверхнормативного

загрязнения  $K_{nzi}$  (индекс загрязненности воды минус 1), который определяется как среднее по отдельным ( $i$ -м) рассматриваемым веществам, рассчитывают по следующему выражению [9]:

$$K_{nzi} = \frac{1}{N} \cdot \sum_i^N \left( \frac{C_i}{ПДК_i} - 1 \right) = \frac{1}{N} \cdot \sum_i^N \frac{C_i}{ПДК_i} - 1 = ИЗВ - 1 \quad (6)$$

Соответственно закону лимитирующего фактора коэффициент предельно-допустимой

загрязненности воды может быть выражен следующей математической зависимостью:

$$K_{ndzi} = K_{bi} \cdot K_{nzi}, \quad 1 \geq K_b \geq 0, \quad 1 \geq K_{nzi} \geq 0 \quad (7)$$

При этом концентрация веществ в воде водоема или речных бассейнов прямо зависит от массы вещества ( $MB$ ), поступающей ежегодно в русла речных бассейнов и обратно от фактического расхода воды, и показывает, что между коэффициентом водности и коэффициентом предельно-допустимой загрязненности существует прямая линейная зависимость.

Водосборы речных бассейнов, как элементы геосистемы, обладают общесистемными свойствами. Нелинейность природных процессов, где трансформация и обмен энергий и веществом идет всегда с замедляющей скоростью, показывает, что интенсивность вредного действия на живой организм в условиях увеличения

антропогенного загрязнения водных объектов замедляется за счет адаптации, то есть степень вредного воздействия пропорциональна произведению концентрации вещества в воде речных бассейнов.

Построение любой модели в той или иной мере связано с упрощением действительности, что обуславливает наличие ограничений области ее применения и, в то же время, дает возможность получения достоверных результатов, то есть на основе этого допущения, изменение коэффициента предельной загрязненности воды, от приведенного индекса загрязненности воды приближенно описывается уравнением:

$$\frac{dK_{nzi}}{dИЗВ} = k \cdot (K_{nzi}) \quad (8)$$

Решение этого уравнения определяется выбором аналитического выражения  $k \cdot (K_{nzi})$ , широко распространенного в практике гидрохимических расчетов, с учетом нелинейности

природных процессов при оценке вредного воздействия качества воды на живой организм, которое описывается экспоненциальной функцией, имеющей следующий вид:

$$K_{nzi} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [1 - \exp(-ИЗВ)] \quad (9)$$

Таким образом, коэффициент предельно-допустимой загрязненности воды ( $K_{ndzi}$ ) можно представить как произведение коэффициента

водности ( $k_b$ ) и коэффициента предельной загрязненности воды ( $K_{nzi}$ ). Уравнение имеет следующий вид:

$$K_{ndzi} = K_b \cdot K_{nzi} = \left( \frac{Q_{cp}}{Q_i} \right) \cdot \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [1 - \exp(-ИЗВ)] \quad (10)$$

При этом, математическая модель для определения коэффициента предельно-допустимой загрязненности воды имеет ряд преимуществ, то есть, во-первых, учитывает один из главных свойств геосистемы – нелинейность природных процессов, во-вторых, дает возможность оценки качества через показатель *ИЗВ*, в-третьих, имеет генетическое сходство с индексом Шеннона, который заимствован из теории информации и представляет собой параметр оценки сложности и содержания информации любых типов систем, в-четвертых, позволяет уточнить границу загрязнения предельно-допустимой концентрации загрязняющих веществ и, в-пятых, учитывает водность водосбора речных бассейнов.

### ОБСУЖДЕНИЕ

На основе многолетних информационно-аналитических материалов, характеризующих формирования гидрохимического режима на водосборных территориях бассейна реки Иле в пространственно-временном масштабе, а также и с использованием индекса загрязненности

воды и коэффициента предельно-допустимой загрязненности воды выполнен сравнительный прогнозный расчет качества воды для оценки их надежности и генетического сходства (табл. 2).

При выполнении сравнительного прогнозного расчета для оценки качества воды по гидрохимическим показателям использованы количественные значения *ПДК<sub>i</sub>* для рыбохозяйственной оценки поверхностных вод речных бассейнов [3].

Оценка качества воды проведена для четырёх гидрологических створов в водосборных бассейнах реки Иле показала, что загрязнение воды носит трансграничный характер, так как на гидрологическом посту Добын, расположенного на границе Республики Казахстан и Китайской Народной Республики качество воды относится к классу «загрязненная» (IV), а от Капшагайского водохранилища до озера Балкаш к классу «умеренно загрязненная» (III), где за счет самоочищающейся способности водной экосистемы и вод, поступающих с притоков, происходит некоторое улучшение качества воды.

Таблица 2

Оценка качества воды на водосборных территориях бассейна реки Иле по гидрохимическим показателям в пространственно-временном масштабе и с использованием индекса загрязненности воды и коэффициента предельно-допустимой загрязненности воды

Показатели	<i>ПДК<sub>i</sub></i>	Годы					
		1995	2000	2005	2010	2015	2019
Река Иле – в створе гидропоста – пристань Добын							
Индекс загрязненности воды ( <i>ИЗВ</i> )							
Азот аммонийный ( <i>NH<sub>4</sub></i> ), мг/л	0,39	0,256	0,282	0,154	0,469	0,825	0,843
Азот нитритный ( <i>NO<sub>2</sub></i> ), мг/л	0,02	5,000	5,500	3,000	3,150	3,000	3,200
Азот нитратный ( <i>NO<sub>3</sub></i> ), мг/л	9,00	0,111	0,097	0,080	0,133	0,125	0,116
Нефтепродукты, мг/л	0,05	1,200	1,400	0,600	0,050	0,700	0,820
Хлориды ( <i>Cl</i> ), мг/л	300,0	0,030	0,022	0,043	0,043	0,044	0,045
Сульфаты ( <i>SO<sub>4</sub></i> ), мг/л	100,0	0,767	0,771	0,624	0,428	0,550	0,570
Железо общее ( <i>Fe</i> ), мг/л	0,030	6,000	10,00	11,33	7,776	10,00	10,00
Медь ( <i>Cu</i> ), мг/л	1,000	3,330	14,52	7,100	7,578	7,360	7,520
Цинк ( <i>Zn</i> ), мг/л	10,00	0,500	2,246	0,400	0,200	0,254	0,301
<i>ИЗВ</i>		1,909	3,870	2,592	2,155	2,539	2,508
Класс качества воды		III	IV	IV	IV	IV	IV
Коэффициент предельно-допустимой загрязненности воды <i>K<sub>ндзи</sub></i>							
Азот аммонийный ( <i>NH<sub>4</sub></i> ), мг/л	0,39	0,226	0,246	0,143	0,375	0,562	0,570
Азот нитритный ( <i>NO<sub>2</sub></i> ), мг/л	0,02	0,993	0,996	0,951	0,957	0,951	0,951
Азот нитратный ( <i>NO<sub>3</sub></i> ), мг/л	9,00	0,106	0,093	0,073	0,125	0,118	0,110
Нефтепродукты, мг/л	0,05	0,699	0,754	0,451	0,049	0,504	0,560
Хлориды ( <i>Cl</i> ), мг/л	300,0	0,026	0,022	0,042	0,043	0,043	0,044

Показатели	ПДК <sub>i</sub>	Годы					
		1995	2000	2005	2010	2015	2019
Сульфаты (SO <sub>4</sub> ), мг/л	100,0	0,536	0,538	0,465	0,348	0,424	0,435
Железо общее (Fe), мг/л	0,030	0,998	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999
Медь (Cu), мг/л	1,000	0,964	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999
Цинк (Zn), мг/л	10,00	0,394	0,895	0,330	0,182	0,225	0,260
K <sub>нзи</sub>		0,549	0,616	0,496	0,453	0,536	0,553
K <sub>ндзи</sub> = k <sub>b</sub> · K <sub>нзи</sub>		0,615	0,758	0,471	0,294	0,611	0,536
Река Иле – в створе гидропоста 164 км выше Капшагайской ГЭС							
Индекс загрязненности воды (ИЗВ)							
Азот аммонийный (NH <sub>4</sub> ), мг/л	0,39	0,161	0,179	0,282	0,325	0,343	0,353
Азот нитритный (NO <sub>2</sub> ), мг/л	0,02	0,550	1,500	1,000	1,000	1,250	1,500
Азот нитратный (NO <sub>3</sub> ), мг/л	9,00	0,120	0,104	0,098	0,067	0,100	0,119
Нефтепродукты, мг/л	0,05	0,860	1,000	0,600	0,220	0,420	0,340
Хлориды (Cl), мг/л	300,0	0,034	0,024	0,039	0,079	0,068	0,084
Сульфаты (SO <sub>4</sub> ), мг/л	100,0	0,805	0,081	0,793	1,033	0,861	0,960
Железо общее (Fe), мг/л	0,030	2,800	4,666	4,666	2,466	4,333	4,666
Медь (Cu), мг/л	1,000	1,449	6,320	8,080	7,780	6,950	5,913
Цинк (Zn), мг/л	10,00	0,311	1,395	0,195	0,176	0,259	0,284
ИЗВ		0,788	1,696	1,750	1,460	1,620	1,580
Класс качества воды		II	III	III	III	III	III
Коэффициент предельно-допустимой загрязненности воды K <sub>ндзи</sub>							
Азот аммонийный (NH <sub>4</sub> ), мг/л	0,39	0,149	0,164	0,246	0,278	0,291	0,297
Азот нитритный (NO <sub>2</sub> ), мг/л	0,02	0,424	0,777	0,632	0,632	0,714	0,777
Азот нитратный (NO <sub>3</sub> ), мг/л	9,00	0,113	0,099	0,093	0,065	0,095	0,112
Нефтепродукты, мг/л	0,05	0,004	0,632	0,451	0,197	0,343	0,288
Хлориды (Cl), мг/л	300,0	0,553	0,024	0,038	0,076	0,066	0,081
Сульфаты (SO <sub>4</sub> ), мг/л	100,0	0,939	0,078	0,548	0,644	0,577	0,617
Железо общее (Fe), мг/л	0,030	0,766	0,991	0,991	0,915	0,987	0,991
Медь (Cu), мг/л	1,000	0,267	0,998	0,999	0,999	0,999	0,997
Цинк (Zn), мг/л	10,00	0,646	0,752	0,177	0,161	0,228	0,248
K <sub>нзи</sub>		0,418	0,501	0,464	0,443	0,478	0,490
K <sub>ндзи</sub> = k <sub>b</sub> · K <sub>нзи</sub>		0,459	0,576	0,445	0,294	0,535	0,632
Река Иле – в створе гидропоста Капчагай 26 км ниже ГЭС							
Индекс загрязненности воды (ИЗВ)							
Азот аммонийный (NH <sub>4</sub> ), мг/л	0,39	0,128	0,205	0,231	0,231	0,359	0,690
Азот нитритный (NO <sub>2</sub> ), мг/л	0,02	0,500	0,500	0,500	0,250	0,500	0,750
Азот нитратный (NO <sub>3</sub> ), мг/л	9,00	0,062	0,090	0,238	0,064	0,127	0,166
Нефтепродукты, мг/л	0,050	3,000	1,000	0,400	0,180	0,280	0,400
Хлориды (Cl), мг/л	300,0	0,117	0,019	0,234	0,293	0,322	0,348
Сульфаты (SO <sub>4</sub> ), мг/л	100,0	0,983	0,780	0,703	0,794	0,879	0,932
Железо общее (Fe), мг/л	0,030	3,667	1,167	4,333	2,166	1,000	1,500
Медь (Cu), мг/л	1,000	1,750	4,360	5,030	5,028	5,123	5,252
Цинк (Zn), мг/л	10,00	0,363	0,811	0,319	0,247	0,321	0,340
ИЗВ		1,174	0,992	1,332	1,139	0,990	1,153
Класс качества воды		III	III	III	III	III	III
Коэффициент предельно-допустимой загрязненности воды K <sub>ндзи</sub>							
Азот аммонийный (NH <sub>4</sub> ), мг/л	0,39	0,120	0,196	0,206	0,206	0,302	0,498

Показатели	ПДК <sub>i</sub>	Годы					
		1995	2000	2005	2010	2015	2019
Азот нитритный (NO <sub>2</sub> ), мг/л	0,02	0,394	0,394	0,394	0,220	0,394	0,528
Азот нитратный (NO <sub>3</sub> ), мг/л	9,00	0,060	0,086	0,212	0,062	0,119	0,153
Нефтепродукты, мг/л	0,05	0,950	0,632	0,330	0,165	0,244	0,330
Хлориды (Cl), мг/л	300,0	0,011	0,019	0,209	0,254	0,276	0,393
Сульфаты (SO <sub>4</sub> ), мг/л	100,0	0,626	0,542	0,515	0,548	0,585	0,606
Железо общее (Fe), мг/л	0,030	0,974	0,689	0,987	0,885	0,632	0,770
Медь (Cu), мг/л	1,000	0,826	0,987	0,993	0,994	0,994	0,995
Цинк (Zn), мг/л	10,00	0,304	0,556	0,273	0,219	0,275	0,288
$K_{nzi}$		0,485	0,455	0,457	0,395	0,425	0,496
$K_{ndzi} = k_b \cdot K_{nzi}$		0,567	0,455	0,452	0,288	0,621	0,456
Река Иле – в створе гидропоста село Ушжарма							
Индекс загрязненности воды (ИЗВ)							
Азот аммонийный (NH <sub>4</sub> ), мг/л	0,39	0,077	0,128	0,153	0,205	0,259	0,289
Азот нитритный (NO <sub>2</sub> ), мг/л	0,02	1,000	0,500	0,500	1,000	1,150	1,250
Азот нитратный (NO <sub>3</sub> ), мг/л	9,00	0,051	0,094	0,074	0,091	0,096	0,105
Нефтепродукты, мг/л	0,05	3,400	1,400	0,400	0,140	0,600	1,200
Хлориды (Cl), мг/л	300,0	0,101	0,027	0,041	0,061	0,071	0,081
Сульфаты (SO <sub>4</sub> ), мг/л	100,0	0,888	0,780	0,821	0,877	0,862	0,903
Железо общее (Fe), мг/л	0,030	3,000	1,667	1,667	2,267	2,433	2,400
Медь (Cu), мг/л	1,000	1,000	3,960	7,260	7,520	7,780	7,410
Цинк (Zn), мг/л	10,00	0,667	1,415	0,195	0,193	0,345	0,407
ИЗВ		1,208	1,108	1,235	1,372	1,510	1,560
Класс качества воды		III	III	III	III	III	III
Коэффициент предельно-допустимой загрязненности воды $K_{ndzi}$							
Азот аммонийный (NH <sub>4</sub> ), мг/л	0,39	0,074	0,120	0,142	0,286	0,229	0,251
Азот нитритный (NO <sub>2</sub> ), мг/л	0,02	0,632	0,394	0,394	0,632	0,683	0,713
Азот нитратный (NO <sub>3</sub> ), мг/л	9,00	0,050	0,090	0,071	0,087	0,092	0,100
Нефтепродукты, мг/л	0,05	0,967	0,754	0,330	0,131	0,451	0,699
Хлориды (Cl), мг/л	300,0	0,096	0,027	0,040	0,060	0,069	0,078
Сульфаты (SO <sub>4</sub> ), мг/л	100,0	0,589	0,542	0,560	0,584	0,578	0,595
Железо общее (Fe), мг/л	0,030	0,350	0,811	0,811	0,896	0,912	0,909
Медь (Cu), мг/л	1,000	0,632	0,981	0,911	0,999	0,999	0,999
Цинк (Zn), мг/л	10,00	0,487	0,757	0,757	0,176	0,292	0,335
$K_{nzi}$		0,431	0,496	0,454	0,417	0,479	0,520
$K_{ndzi} = k_b \cdot K_{nzi}$		0,461	0,436	0,409	0,338	0,469	0,536

В пределах водосборных территорий бассейна реки Иле, то есть выше и ниже Капшагайского водохранилища наблюдаются некоторые улучшения качества воды, которые объясняются более интенсивной биомиграцией аммонийного и нитритного азота, железа и цинка в условиях активных продукционных процессов. При этом, в самом нижнем гидрологическом створе Ушжарма наблюдается увеличение концентрации органических веществ и тяжелых

металлов, где потенциальными источниками техногенного загрязнения являются сточные воды промышленных и коммунально-бытовых объектов.

Как видно из данных в табл. 2 и рис. 1 коэффициент предельно-допустимой загрязненности воды имеет ярко выраженную связь с индексом загрязненности воды, которая описывается логарифмическим уравнением, имеющего следующий вид:

$$K_{ndzi} = 0,1283 \cdot \ln(ИЗВ) + 0,64161, \quad r = 0,811 \quad (11)$$

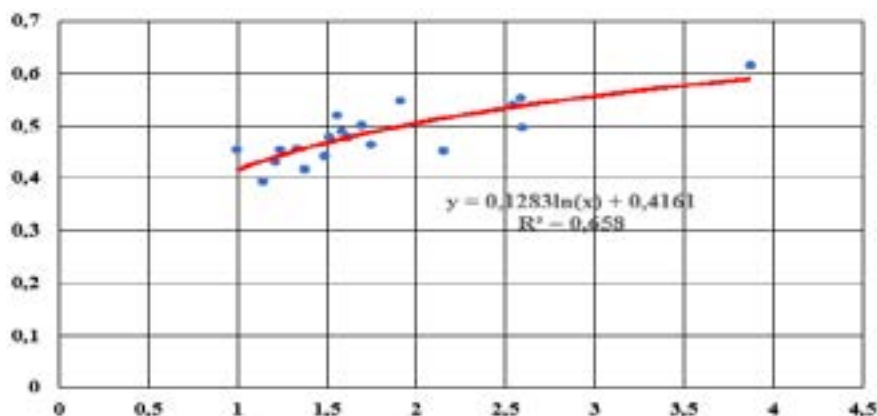


Рис. 1. График зависимости коэффициента предельно-допустимого загрязнения (ордината) от индекса качества воды (абсцисса).

Таким образом, достаточно высокий коэффициент корреляции между коэффициентом предельно-допустимой загрязненности воды и индексом загрязненности воды позволяет использовать его для оценки экологического состояния водных объектов и через индекс загрязненности воды, связанный с индексом Шеннона ( $H$ ), характеризовать видовое разнообразие сообществ зоопланктона и зообентоса [10, 15] (табл. 3 и рис. 2).

Таблица 3

Классификация качества воды и состояния водных ресурсов по гидрохимическим и гидробиологическим показателям

Показатель	Класс качества воды					
	I	II	III	IV	V	VI
$ИЗВ$	<0,20	0,20...1,00	1,00...2,00	2,00...4,00	4,00...6,00	>6,00
$K_{ndzi}$	<0,10	0,10...0,40	0,40...0,50	0,50...0,60	0,60...0,65	>0,65
$H$	3,06...2,30	2,30...1,89	1,89...1,52	1,52...1,25		1,25...1,11
Качества воды	очень чистая	чистая	умеренно загрязненная	загрязненная	грязная	очень грязная
Трофность	олиготрофная	мезотрофная		эвтрофная		Гипертрофная

Связи между отдельными гидрохимическими и гидробиологическими показателями известны и очевидны [1, 2, 5, 9], так как они имеют генетические сходства и характеризуют конкретную водную экосистему, следовательно, оценка ее состояния разными показателями дает одни и те же результаты, только изменяются количественные параметры, определяющие границы перехода одного состояния в другой.

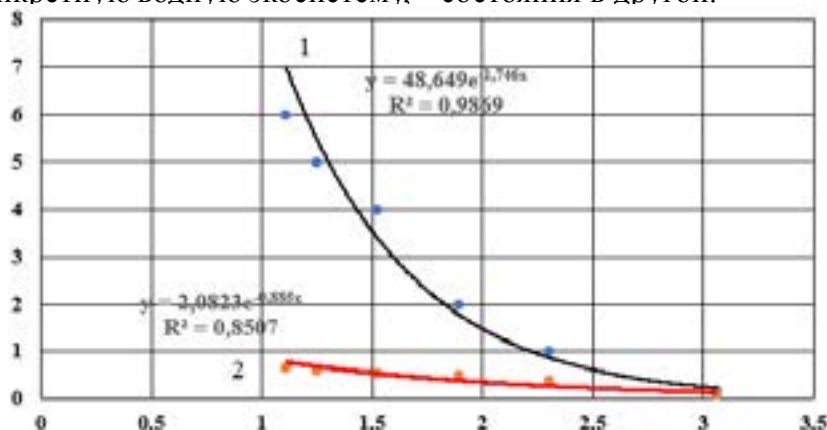


Рис. 2. График зависимости индекса загрязненности воды (1) и коэффициента предельно-допустимого загрязнения (2) (ордината) от индекса Шеннона (абсцисса).

Для выявления связи между индексом Шеннона и индексом загрязненности воды и коэффициентом предельно-допустимой загрязненности воды построен совместный график (рис. 2),

который показал, что между ними имеется экспоненциальная зависимость с высоким коэффициентом корреляции, описываемая следующими уравнениями:

$$ИЗВ = 48,649 \cdot \exp(-1,74 \cdot H), \quad r = 0,9934 \quad (12)$$

$$K_{ндзи} = 2,0822 \cdot \exp(-0,885 \cdot H), \quad r = 0,9223 \quad (13)$$

Для оценки экологического состояния водной экосистемы, которая определяется на основе индекса Шеннона, представляющего собой параметр оценки видового разнообразия, необходимо было построить график зависимости индекса Шеннона от индекса

загрязненности воды (рис. 3), а также от коэффициента предельно-допустимого загрязнения (рис. 4), которые показывают, что между ними имеется экспоненциальная зависимость с высоким коэффициентом корреляции:

$$H = 2,8558 \cdot \exp(-0,163 \cdot ИЗВ), \quad r = 0,9846 \quad (14)$$

$$H = 4,0722 \cdot \exp(-1,818 \cdot K_{ндзи}), \quad r = 0,9457 \quad (15)$$

На основе проведения комплексной оценки современного экологического состояния водосбора бассейна реки Иле (табл. 2) разработан методологический подход с учетом водности и закона лимитирующего фактора, который по-

зволил разработать математическую модель для расчета коэффициента предельно-допустимого загрязнения и оценки качества по индексам загрязненности воды и Шеннона (рис. 2), имеющих генетические и структурные сходства.

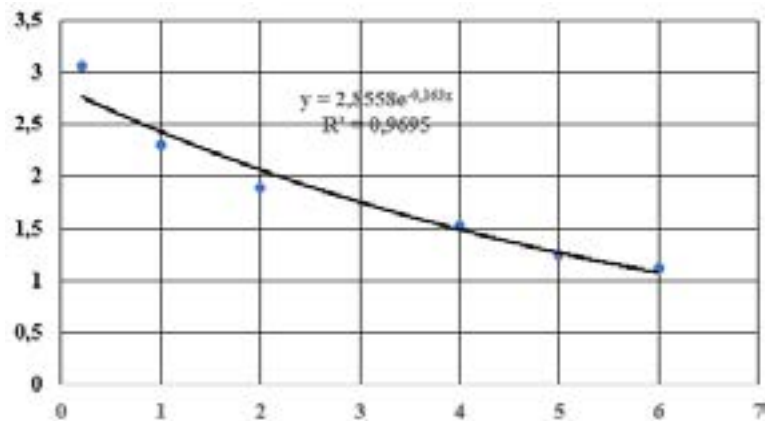


Рис. 3. График зависимости индекса Шеннона (ордината) от индекса загрязненности воды (абсцисса).

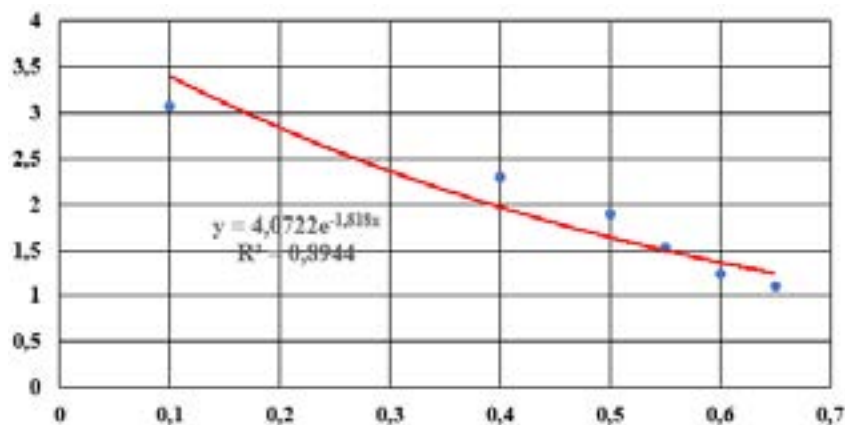


Рис. 4. График зависимости индекса Шеннона (ордината) от коэффициента предельно-допустимого загрязнения (абсцисса).

Таким образом, оценка условий формирования качества воды и специфика химического свойства воды на водосборных территориях бассейна реки Иле позволили их типизировать на неравнозначные два водохозяйственных участка, то есть от зоны формирования стока до водохранилища Капшагай, где загрязнение речных вод носит трансграничный характер и от водохранилища Капшагай до озера Балкаш, где за счет антропогенных нагрузок промышленных и сельскохозяйственных объектов происходит некоторое улучшение качества воды, которое проявляется на основе самоочищающейся способности водной экосистемы.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка качества воды проведена на основе информационно-аналитических материалов РГП «Казгидромет», охватывающих 1995...2019 годы по четырем гидрологическим створам водосборного бассейна реки Иле, а именно гидрологический пост Добын, расположенный на границе Республики Казахстан и Китайской Народной Республики, гидрологические посты, расположенные на 164 км выше и 26 км ниже Капшагайского водохранилища и гидрологический пост Ушжарма (зоны magazинирования стока). Она показала, что от зоны формирования стока до водохранилища Капшагай загрязнение речных вод носит трансграничный характер и относится к классу «загрязненной» (IV), а от водохранилища Капшагай до озера Балкаш происходит за счет антропогенных нагрузок промышленных и сельскохозяйственных объектов, где качество воды оценивается «умеренно загрязненная» (III), то есть некоторое улучшение качества воды проявляется на основе самоочищающейся способности водной экосистемы.

На основе проведения комплексной оценки современного экологического состояния водосбора бассейна реки Иле (табл. 2) и структурного анализа методов оценки качества воды разработана математическая модель коэффициента предельно-допустимого загрязнения с учетом водности речных бассейнов и закона лимитирующего фактора, то есть с двумя признаками по совокупности коэффициента водности, как отношение фактического расхода воды к среднемуголетнему расходу воды и коэффициента

предельной загрязненности или индекса загрязненности воды, как сумма приведенных к ПДК<sub>г</sub> фактических значений основных показателей качества воды ( $C_i$ ), которые описываются экспоненциальной функцией. Дана сравнительная оценка их с индексом загрязненности воды и Шеннона, которая показала, что они имеют генетические и структурные сходства, что позволяет использовать их для оценки экологического состояния водных объектов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимов А.Ф. Основные положения теории функционирования водных экосистем // Гидробиологический журнал, 1990. – Том 26. – №6. – С. 3-12.
2. Булгаков Н.Г., Дубинина В.Г., Левич А.П., Терехин А.Т. Метод поиска сопряженностей между гидробиологическими показателями и абиотическими факторами среды // Известия РАН, серия биологическая, 1995. – Вып. 2. – С. 218-225.
3. Бурлибаев М.Ж., Амиргалиев Н.А., Шенбергер И.В., Сокольский В.А., Бурлибаева Д.М., Уваров Д.В., Смирнова Д.А., Ефименко А.В., Миллюков Д.Ю. Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана. – Алматы: Издательство «Қанағат», 2014. – Том 1. – 744 с.
4. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. – Москва: Госкомгидромета, 1986. – 6 с.
5. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. – Москва: Госкомгидромета, 1988. – 6 с.
6. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Рыскулбеков Л.М. Пространственно-временная изменчивость стока реки Иле в условиях антропогенной деятельности // Гидрометеорология и экология. – 2021. – №1. – С. 88-99.
7. Попов В.А. Математическое выражение закона лимитирующего фактора и его приложение к задачам мелиоративного земледелия // Мелиорация и водное хозяйство. – 1997. – №2. – С. 30-34.
8. Родзиллер И.Д. Прогноз качества воды



водоемов-приемников сточных вод. – М.: Стройиздат, 1984. – 263 с.

9. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем. – М.: МГУП, 2009. – 154 с.

10. Шеннон К. Математическая теория связи / Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Ин. литер., 1963. – С. 243-332.

11. Шлычков А.П., Жданова Г.Н., Яковлева О.Г. Использование коэффициента стока загрязняющих веществ для оценки состояния рек // Мониторинг. – 1996. – №2. – С. 23-27.

12. Godwin Asibor, Oborakpororo Ofuya. Surface Water Quality Assessment of Warri Metropolis Using Water Quality Index// International Letters of Natural Sciences. – 2019 – March (Volume 74). – P. 45-52.

13. Kunwar Raghvendra Singh, Rahul Dutta, Aiav S. Kalamdhad, Bimlesh Kumar. Information entropy as a tool in surface water quality assessment // Environmental Earth Sciences. – 2019. – January Volume 78(1). – P. 1-12.

14. Nich N., Perjoiu M. The surface water quality assessment//Environmental engineering and management journal – 2004. – September 3(3). – P. 477-488.

15. Shannon C.B., Weaver W. The Mathematical Theory of Communication. – Urbana (Illinois): Univ. of Illinois Press, 1963. – 345 p.

16. Sipra Mallick, F. Baliarsingh. Surface Water Quality Assessment and Prediction Modelling of Kathajodi River//International Journal of Emerging Research in Management & Technology. – 2017, August. (Volume-6). – P. 447-457.

17. Tirupathi Chanapathi, Thhatikkonda Shashidhar. Fuzzy-Based Regional Water Quality Index for Surface Water Quality Assessment // Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste. – 2019. – May, Vol.23. – Issue 4.

## REFERENCES

1. Alimov A.F. Osnovnye polozheniya teorii funktsionirovaniya vodnykh ekosistem // Gidrobiologicheskii zhurnal, 1990. – Tom 26. – №6. – S. 3-12.

2. Bulgakov N.G., Dubinina V.G., Levich A.P., Terekhin A.T. Metod poiska sopryazhennostei mezhdru gidrobiologicheskimi pokazatelyami i abioticheskimi faktorami sredy // Izvestiya RAN,

seriya biologicheskaya, 1995. – Vyp. 2. – S. 218-225.

3. Burlibaev M.Zh., Amirgaliev N.A., Shenberger I.V., Sokol'skii V.A., Burlibaeva D.M., Uvarov D.V., Smirnova D.A., Efimenko A.V., Milyukov D.Yu. Problemy zagryazneniya osnovnykh transgranichnykh rek Kazakhstana. – Almaty: Izdatel'stvo «Qanarat», 2014. – Tom 1. – 744 s.

4. Vremennye metodicheskie ukazaniya po kompleksnoi otsenke kachestva poverkhnostnykh i morskikh vod po gidrokhimicheskim pokazatelyam. – Moskva: Goskomgidrometa, 1986. – 6 s.

5. Metodicheskie rekomendatsii po formalizovannoi kompleksnoi otsenke kachestva poverkhnostnykh i morskikh vod po gidrokhimicheskim pokazatelyam. – Moskva: Goskomgidrometa, 1988. – 6 s.

6. Mustafaev Zh.S., Kozykeeva A.T., Ryskulbekov L.M. Prostranstvenno-vremennaya izmenchivost' stoka reki Ile v usloviyakh antropogennoi deyatelnosti // Gidrometeorologiya i ekologiya. – 2021. – №1. – S. 88-99.

7. Popov V.A. Matematicheskoe vyrazhenie zakona limitiruyushchego faktora i ego prilozhenie k zadacham meliorativnogo zemledeliya // Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo. – 1997. – №2. – S. 30-34.

8. Rodziller I.D. Prognoz kachestva vody vodoemov-priemnikov stochnykh vod. – M.: Stroizdat, 1984. – 263 s.

9. Shabanov V.V., Markin V.N. Metod otsenki kachestva vod i sostoyaniya vodnykh ekosistem. – M.: MGUP, 2009. – 154 s.

10. Shannon K. Matematicheskaya teoriya svyazi / Raboty po teorii informatsii i kibernetike. – M.: In. liter., 1963. – S. 243-332.

11. Shlychkov A.P., Zhdanova G.N., Yakovleva O.G. Ispol'zovanie koeffitsienta stoka zagryaznyayushchikh veshchestv dlya otsenki sostoyaniya rek // Monitoring. – 1996. – №2. – S. 23-27.

12. Godwin Asibor, Oborakpororo Ofuya. Surface Water Quality Assessment of Warri Metropolis Using Water Quality Index// International Letters of Natural Sciences. – 2019 – March (Volume 74). – P. 45-52.

13. Kunwar Raghvendra Singh, Rahul Dutta, Aiav S. Kalamdhad, Bimlesh Kumar. Information entropy as a tool in surface water quality assessment // Environmental Earth Sciences. – 2019. – January

Volume 78(1). – P. 1-12.

14. *Nich N., Perjoiu M.* The surface water quality assessment//Environmental engineering and management journal – 2004. – September 3(3). – P. 477-488.

15. *Shannon S.V., Weaver W.* The Mathematical Theory of Communication. – Urbana (Illinois): Univ. of Illinois Press, 1963. – 345 r.

16. *Sipra Mallick, F. Baliarsingh.* Surface Water

Quality Assessment and Prediction Modelling of Kathajodi River//International Journal of Emerging Research in Management & Technology. – 2017, August. (Volume-6). – P. 447-457.

17. *Tirupathi Chanapathi, Thhatikkonda Shashidhar.* Fuzzy-Based Regional Water Quality Index for Surface Water Quality Assessment // Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste. – 2019. – May, Vol.23. – Issue 4.

## ӨЗЕН АЛАБЫНЫҢ ЖЕР БЕТІ СУЫНЫҢ САПАСЫН МАТЕМАТИКАЛЫҚ ТАЛДАУ АРҚЫЛЫ ГЕОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТҮРҒЫДА БАҒАЛАУ (ІЛЕ ӨЗЕННІҢ ТҮРҒЫСЫНДА)

**Ж.С. Мұстафаев<sup>1</sup>** техника ғылымдарының докторы, **Л.М. Рысқұлбекова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Қазақ Ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: z-mustafa@rambler.ru

Өртүрлі өзеннің алабында жер беті суының ластануын бағалауға пайдаланатын кешенді гидрохимиялық белгіге құрылымдық талдауды жүргізудің және дәлелдемелерді шектеу заңдылығының және судың ластану белгісінің (*ИЗВ*) негізінде, табиғат заңдарына, табиғи жүргілердің қағидасына мен қасиеттеріне бағынатын, судың ластануының шектелген-мүмкіншілік көрсеткішінің ( $K_{ndzi}$ ), судың мөлшерінің қатынастық көрсеткіші ( $K_b$ ) мен судың ластануының шектелген көрсеткішінің ( $K_{nzi}$ ) көбейтіндісі түрінде қарастыратын математикалық модель құрылды және оны Іле өзенінің алабындағы жер беті суларының сапасын кеңістік-уақыт масштабында, су айдындарындағы балық шаруашылығына арналған ластанушы заттардың қойыртпағының шектелген-мүмкіншілік сынақтық мөлшерін пайдалану арқылы бағалаудың нәтижесі көрсеткендей, судың ластануының шектелген-мүмкіншілік көрсеткіші ( $K_{ndzi}$ ) мен судың ластану белгісінің (*ИЗВ*) арасында логарифмдік теңдеумен сипаталатын айқын байланыс бар екендігін көрсеткендіктен, оны су нысандарының экологиялық жағдайын бағалауға пайдалануға болады. Іле өзенінің алабының суының сапасын бағалау төрт гидрологиялық бекеттер бойынша жүргізілді және оның нәтижесі көрсеткендей, сулың ластануы трансшекаралық сипата болады, өйткені Қазақстан Республикасы мен Қытай Халық Республикасының шекарасында орналасқан Добын гидрологиялық бекетінің тұсында судың сапасы «ластанған», ал Қапшағай су қоймасынан Балқаш көліне дейін «орташа ластанған», яғни су экожүйесінің және салаларынан келетін сулардың өзін-өзі тазарту қабілетінің арқасында, бұл аралықта судың сапасының біраз жақсару байқалады.

**Түйін сөздер:** өзен алабы, гидрохимиялық көрсеткіштер, ластану, судың сапасын бағалау, әдістеме, талдау, табиғи жүргілердің қасиет

**GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF SURFACE WATER OF A RIVER BASIN WITH MATHEMATICAL ANALYSIS (ON THE EXAMPLE OF THE ILE RIVER)****Zh.S. Mustafayev<sup>1</sup>** Doctor of Technical Sciences, **L.M. Ryskulbekova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan*  
*E-mail: z-mustafa@rambler.ru*

Based on the structural analysis of complex hydrochemical indices for assessing surface water pollution used in various river basins, and the laws of limiting factors, a mathematical model was obtained in the form of the maximum permissible water pollution coefficient ( $K_{ндзи}$ ), representing the product of the water content coefficient ( $K_b$ ) and the maximum water pollution ( $K_{нзи}$ ), by based on the laws of nature, principles and properties of natural processes in, together with the water pollution index ( $IЗВ$ ), are used for the geoecological assessment of the surface water quality of the Ile River basin on a spatial-temporal scale, taking into account the regulatory criteria for maximum permissible concentrations of pollutants for fishery water bodies, that between the coefficient of the maximum permissible water pollution ( $K_{ндзи}$ ) and the water pollution index ( $IЗВ$ ) there is a pronounced relationship, described by a logarithmic equation, allowing them to be used to assess the ecological state water bodies. Water quality assessment was carried out for four hydrological sections of the Ile River catchment basin, which showed that water pollution is of a transboundary nature, since at the Dobyn hydrological station, located on the borders of the Republic of Kazakhstan and the People's Republic of China, the water quality is «polluted», and from the Kapshagai reservoir to Lake Balkhash «moderately polluted», where due to the self-cleaning ability of the aquatic ecosystem and the waters coming from the tributaries, there is some improvement in water quality.

**Keywords:** river basin, hydrochemical indicators, pollution, water quality assessment, method, analysis, properties of natural processes

УДК 911.2

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОРЕСУРСОВ КАРКАРАЛИНСКИХ ГОР

Е.Б. Кеукенов<sup>1</sup>, К.М. Джаналеева<sup>1</sup>

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

E-mail: kotoryutoroni@mail.ru

Низкогорные массивы Центрального Казахстана в последние годы считаются наименее изученными территориями. Растительный мир является составной частью геосистем и служит основным показателем естественных и антропогенных изменений. Целью данной работы является проведение обзора по использованию биоресурсов Каркаралинских низкогорий и Каркаралинского Государственного Национального Природного Парка (КГНПП). В ходе написания был использован описательный метод исследования, первая часть которой посвящена физико-географическому описанию данной местности, а также среды обитания. Далее, основное внимание автор акцентирует на метод экологической оценки лесного массива и метод оценивания биологического разнообразия, их значение. В целях сохранения растительного сообщества и животного мира в Каркаралинских низкогорьях необходимо проводить оценку текущего состояния биоразнообразия, оценить их структуру и возможность рационального использования. В ходе написания статьи были приведены причины экологической напряженности на территории КГНПП как антропогенного, так и природного характера. Проведенный обзор использования биоресурсов территории дает возможность проведения мониторинга биоразнообразия в рамках КГНПП в будущем. Завершает автор статью перечнем рекомендаций по решению проблем использования биоресурсов Каркаралинских гор.

**Ключевые слова:** ландшафт; геосистема; природный комплекс; фиторазнообразие; природная зона

Поступила 15.07.21

DOI: 10.54668/2789-6323-2021-103-4-20-28

---

### ВВЕДЕНИЕ

Первые исследования геосистем Каркаралинских гор были проведены профессором Казанского университета А.Я. Гордягиным [3]. Именно тогда было выдвинуто предположение о том, что леса, расположенные островками, наследуют бывший единый лесной массив, который имел связь с лесами тайги на севере. Затем, это же предположение было выдвинуто И.М. Крашениниковым, который считал, что островные леса Каркаралинских низкогорий являются остатками лесостепного пояса, простиравшегося от Южного Урала до Алтая [6]. Большое количество бореальных реликтов был обнаружен В.Н. Сукачевым в кокчетавских лесах [9].

Ботанические исследования данной территории были проведены и Б.А. Быковым [1], который в своей книге подробно охарактеризовал растительный покров Центрального Казахстана, а также его развитие в эпоху кайнозоя.

В настоящее время детальные (средние и крупномасштабные) региональные ландшафтно-географические исследования территории Каркаралинских гор практически отсутствуют. Несмотря на имеющиеся материалы, которые были накоплены в ходе предыдущих ботанических исследований региона, остаются малоизученными и требуют дальнейшего уточнения и обоснования следующие вопросы: особенности ландшафтогенеза, ландшафтное разнообразие, разработка решений экологических проблем с

учетом особенностей ландшафтной структуры. Все это определяет актуальность данного исследования. Биоразнообразие – один из самых важных невозобновимых ресурсов, более того, незаменимое условие жизни человека. Лишних типов в природе нет, поэтому ценность фиторазнообразия заключена в самом его существовании. При интенсивном процессе опустынивания в Казахстане вопрос сохранения и возобновления фиторазнообразия считается не просто актуальным, но и жизненно необходимым.

Низкогорья Каркаралы формировались под воздействием эндогенных и экзогенных процессов. Эндогенные процессы лежат в глубине этих низкогорий. Данная макроструктура сформировалась под воздействием эндогенеза. В мезозое, когда вся территория Казахстана покрылась морем, на склонах этих низкогорий сформировались мощные рыхлые осадочные отложения. Наиболее важные части макроструктур сформировались в четвертичный период. Но основной этап формирования макроструктуры Каркаралинских гор – это неоген и четвертичный период. В связи с тем, что высота низкогорий составляет чуть более 1500 метров, геосистемы Каркаралинских гор считаются молодыми. То есть вся динамика их относится к четвертичному времени. В связи с этим, на территории Каркаралинских низкогорий сформирован рельеф, где происходит чередование участков пенеплена с четвертичными отложениями, остаточными древними пенепленизированными участками, которые изменены под воздействием экзогенных факторов.

Геосистемы Каркаралинских низкогорий расположены в восточной части Казахского мелкосопочника, на территории Каркаралинского района Карагандинской области. Они представляют собой мелкосопочный рельеф с изолированными массивами низкогорий, простирающийся с севера-северо-запада на юго-восток на 30...35 км, шириной 20...25 км. Горы являются одними из наиболее высоких в Центральном Казахстане и состоят из отдельных грядовых гор (Жиренсакал, Актерек, Мырзашоки, Каркаралы, Бугулы, Коктюбе, Шанкоз). Самый высокий пик – Комсомольский с высотой 1403 м над уровнем моря, входящий в южную гряду Жиренсакал. Юго-восточнее этой гряды расположены горы Актерек высотой 1230 м над уровнем моря и Мырзашоки высотой 1170 м над

уровнем моря. Севернее расположены: зубчатая гряда Каркаралы высотой до 1115 м над уровнем моря (давшая название всему горно-лесному массиву), гряда Бугулы (1323 м над ур. моря) и гряда Шанкоз высотой до 1360 м над ур. моря. На западе расположена семивершинная Коктюбе (1254 м над ур. моря). Каркаралинский горно-лесной массив разделен широкими межгорными долинами Кендара, Курозек, Каратока и другие, богат пресными подземными водами.

Разнообразие рельефа, почвенного покрова определило развитие фиторазнообразия.

Рассматриваемая территория почти целиком расположена в подзоне сухой степи степной ландшафтно-климатической зоны [10]. На массивах Каркаралинских гор произрастают преимущественно сосновые леса с подлеском из *Rosa spinosissima*, *Rosa majalis*, *Juniperus communis*, *Lonicera tatarica*, *Padus avium*, *Crataegus sanguinea*. На их долю приходится 71,3 % от общей площади горных лесов. Березняки (*Betula pendula*, *B. pubescens*) приурочены к склонам северной и северо-восточной экспозиции, к межсочным долинам, вдоль рек и ручьев. Они занимают 10 % лесопокрытой территории, около 2 % лесистой территории приходится на осинники (*Populus tremula*), приуроченные к депрессиям рельефа, долинам рек и ручьев, основанию круглых склонов.

Сосновые леса (*Pinus sylvestris*) представлены, в основном, лишайниковым, разнотравным, мохово-разнотравным типами, они располагаются по крутым склонам узких ущелий, занимают межгорные долины. По дну ложбин встречаются небольшие участки с участием в травяно-кустарничковом ярусе бореального мелкотравья *Chimaphilla umbellata*, *Moneses uniflora*, *Orthillia secunda*, *Pyrola chlorantha*, по склонам встречаются боровые виды *Solidago virgaurea*, *Trifolium lupinaster*. На выветрелых гранитах в сосняках произрастают мезоксерофиты: *Allium nutans*, *A. lineare*, *Veronica incana*, *Orostachis spinosa*, *Melandrium viscosa*. В лишайниковых сосняках травянистые растения встречаются необильно: *Carex supine*, *Antennaria dioica*, *Archyrophorus maculate*, *Dracocephalum nutans*, *Fragaria vesca*. В описанных степных лесах, наряду с типичными представителями бореальной флоры, встречаются также неморальные реликты, в их числе некоторые виды, свойственные широколиственным и хвойно-широколиственным лесам: сер-

дечник (*Cardamine impatiens*) мятлик дубравный (*Poa nemoralis*), копытень европейский (*Asarum europaeum*) [4].

Но, несмотря на биоразнообразие данного региона, все же имеются проблемы использования биоресурсов. Для выявления имеющихся экологических проблем необходимо применить метод оценки биоразнообразия лесных массивов.

Объектом изучения являются геосистемы гор Каркаралы.

Предметом исследования – особенности фиторазнообразия геосистем Каркаралинских низкогорий.

На основе вышеизложенного, цель данного исследования состоит в анализе использования биоресурсов геосистем гор Каркаралы и разра-

ботке решений проблем.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве информационной базы исследования были использованы: литературные источники, материалы предыдущих ботанических исследований, фондовые и опубликованные материалы республиканских и областных ведомств и учреждений (Институт географии РК, РГП «Управление природных ресурсов и регулирования природопользования» и др.); данные летописи природы за 2019 год КГНПП, геоботаническая карта КазССР, 1933; Ландшафтная карта КазССР, 1979; топографическая карта КазССР, 1984; космоснимки и данные их дешифрирования; карта растительности КГНПП (рис. 1)

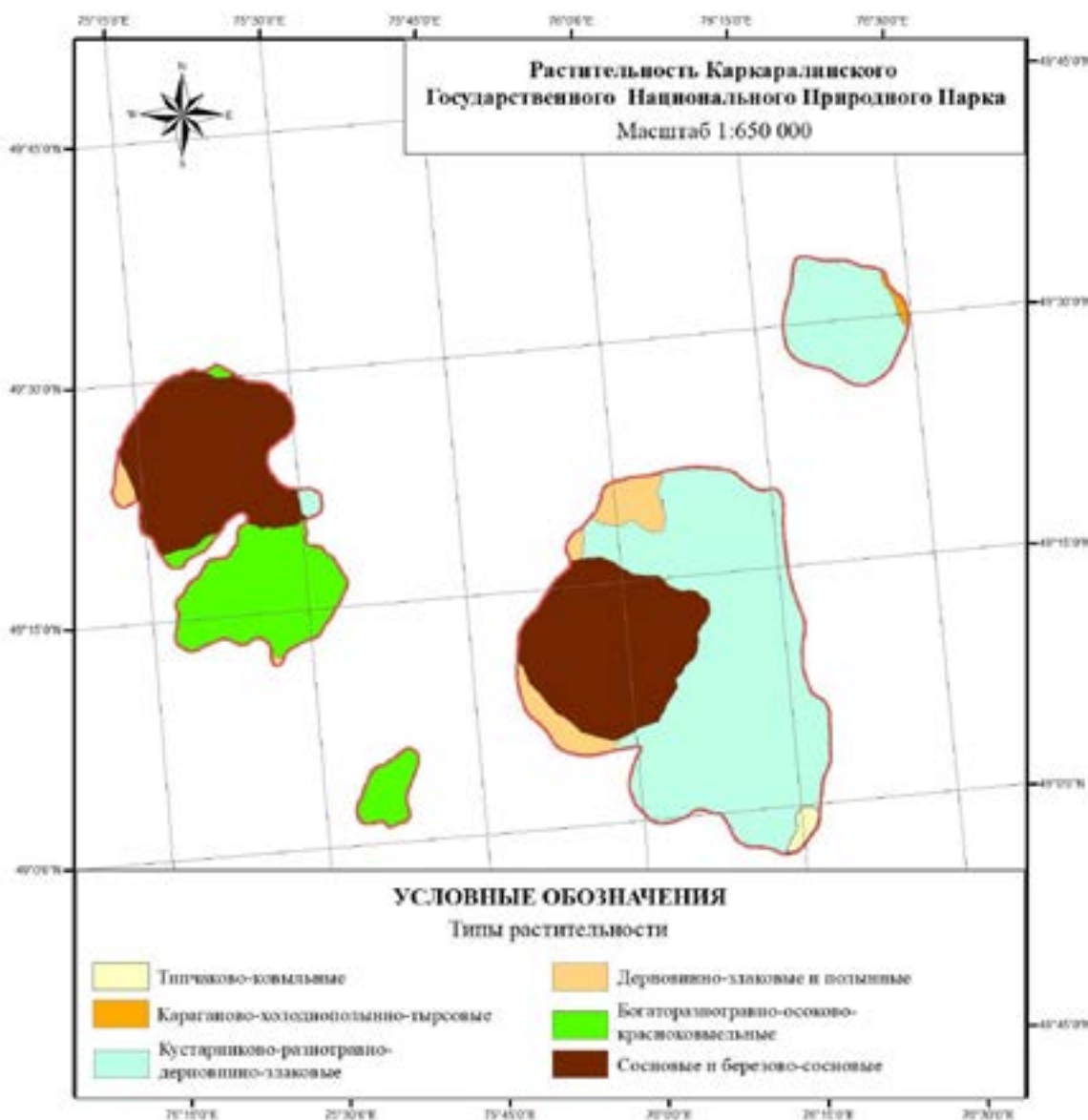


Рис.1. Карта растительности КГНПП.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Контроль над биологическим разнообразием требует его измерения, а измерение только тогда становится возможным, когда качественные признаки могут быть описаны количественно, в величинах, которые можно сравнивать.

На уровне интуиции кажется, что разнообразие сообщества тропического леса больше разнообразия сообщества тайги. Но, видимая простота оценки разнообразия не позволяет удовлетвориться качественными сравнениями: более разнообразное и менее разнообразное сообщество. В экологии и математике разработано множество моделей и индексов для измерения разнообразия, которые требуют различной интерпретации.

Оценивание биологического разнообразия имеет важное прикладное значение, так как позволяет контролировать сохранение генетического потенциала а также дает представление о состоянии экосистем на территории Каркаралинских низкогорий.

Одна из важных задач экологии – оценка разнокачественности, разнообразия сообществ. Любое сообщество – не просто сумма образующих его видов, но и совокупность взаимодействий между ними. Одним из важных свойств сообщества, которое отражает его сложность и структурированность, принято считать его разнообразие. Видовое разнообразие отражает сложность строения и структуру сообщества. Понятие «биоразнообразия», хотя и является сложным, многогранным и достаточно неопределенным, описывается двумя компонентами.

Компоненты биоразнообразия: число видов и относительное обилие видов. Разнообразие принято оценивать либо путем подсчета видов, измерения их относительного обилия, либо мерой, объединяющей эти два компонента. Однако оценка разнообразия только простым подсчетом видов мало информативна, так как ни одно сообщество не состоит из видов равной численности. Из общего числа видов какого-либо трофического уровня или сообщества в целом обычно лишь немногие бывают доминирующими, т.е. имеют значительную численность (большую биомассу, продуктивность или другие показатели), подавляющая же часть относится к редким видам (т.е. имеет низкие показатели «значимости»). Таким образом, большинство видов в со-

обществе малочисленны, численности других умеренны и лишь немногие обильны.

При оценке альфа-разнообразия принимаются во внимание два фактора: видовое богатство и выравненность обилий видов. Видовое богатство – число видов, для сравнения отнесенное к определенной площади. Выравненность – равномерность распределения видов по их обилию в сообществе.

Видовое разнообразие в разных местах часто зависит от шкалы измерения разнообразия [8]. Например, в 1 м<sup>2</sup> полуестественных европейских пастбищ может быть больше видов, чем в нижнем ярусе дождевого тропического леса в бассейне Амазонки. Разнообразие видов на 1 км<sup>2</sup> и более будет выше в тропическом лесу. Видовое разнообразие увеличивается при увеличении размеров изучаемой площади.

Помимо метода оценки биоразнообразия следует применить метод экологической оценки лесного массива.

Экологическая оценка – процесс систематического анализа и оценки экологических последствий намечаемой деятельности, консультаций с заинтересованными сторонами, а также учет результатов этого анализа и консультаций в планировании, проектировании, утверждении и осуществлении данной деятельности [7].

Экологическая оценка характеризуется следующими особенностями:

- представляет собой процесс получения информации, а не его результат;
- это процесс систематический, следующий определенным правилам;
- охватывает как этап планирования, так и этап осуществления намечаемой деятельности.

Процесс экологической оценки включает следующие основные компоненты на территории Каркаралинских низкогорий:

- анализ (прогноз) потенциальных воздействий намечаемой деятельности на окружающую среду и оценка их значимости. Эта составляющая называется оценкой воздействия на окружающую среду (ОВОС);
- консультации с заинтересованными сторонами с целью поиска взаимоприемлемых решений;
- использование результатов прогноза воздействий и консультаций в процессе принятия решений, относящихся к намечаемой деятельности. Эта составляющая выражается в виде

проведения экологической экспертизы и выработке заключения по воздействию на окружающую среду (ЗВОС).

Касаемо геосистем Каркаралинских низгорий, работа по расширению сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) ведется очень медленно. Из имеющихся ООПТ, по словам академика Н. Ержанова, финансируются исключительно КГНПП и Буйратау и то, в недостаточном объеме. На территории Каркаралы не уделяется достаточного внимания биотехническим мероприятиям по сохранению и улучшению биоресурсов, несмотря на то, что их численность уменьшается из-за браконьерства и ухудшения условий обитания. Сейчас одной из важнейших задач сохранения природы и биоресурсов является охрана генофонда флоры и фауны, потому что утрата каждого вида может нанести ощутимый вред социально-экономическим и эколого-географическим интересам общества. Во всех районах Центрального Казахстана наблюдается обеднение флоры и фауны. Для редких и исчезающих видов растительного и животного мира неумеренный промысел, браконьерство и разрушение их естественных местообитаний грозит полным уничтожением. Отсутствуют или явно недостаточны широкие и системные инвентаризационные исследования флоры и фауны [2].

В деле обеспечения сохранности в естественном состоянии типичных, редких и уникальных природных комплексов со всей совокупностью их компонентов, существуют угрозы природным комплексам национального природного парка

Суровые зимы происходят с периодичностью 2...3 раза в каждом десятилетии и приводят к вымиранию серой куропатки. Наблюдается миграция млекопитающих территории ООПТ (лосей, кабанов, косуль). В результате выхода данных видов животных вне пределов ООПТ они подвергаются браконьерству. Суровые зимы и чередование неурожая семян сосны обыкновенной влечет за собой уменьшение количества белки, по всем территориям КГНПП. Немалые проблемы доставляют и штормовые явления. Регулярно наблюдаются по всем территориям КГНПП. При ветрах силой 24...28 м/сек и обильное выпадение снега провоцирует ветровал сосны обыкновенной.

Браконьерство в национальном парке отсут-

ствует, но имеет место в прилегающих территориях к охранной зоне. Животные, населяющие территорию КГНПП (лоси, кабаны) мигрируют за пределы ООПТ в юго-западных юго-восточных направлениях (Павлодарскую и Восточно-Казахстанскую область) и по пути следования подвергаются факторам беспокойства и браконьерства со стороны местных жителей. Следует отметить, что за последние годы значительно улучшилась материально-техническая оснащенность инспекторского состава ООПТ. Это прежде всего лошади, оружие, обеспеченность стационарной и мобильной связью, форменное обмундирование.

Очень важную роль в охране играет расположение кордонов по всему периметру КГНПП. Все это позволяет в настоящее время не допускать фактов браконьерства на основных территориях КГНПП. Последние 5 лет практически не наблюдается вырубка молодняка сосны обыкновенной местными жителями, что обусловлено хорошей охраной и эколого-просветительской деятельностью. Основными видами нарушения режима являются посетители ООПТ, находящиеся на территории без наличия пропуска. Это связано с тем, что контрольно-пропускные пункты находятся в зоне ограничено-хозяйственной деятельности, расположены на дорогах, ведущих в дома и зоны отдыха. А так как г. Каркаралинск примыкает к лесному массиву, наблюдаются нарушения режима ООПТ.

Одним из самых опасных угроз для КГНПП также являются пожары. Следует отметить, что чаще всего пожары возникают во второй декаде апреля и первой половине мая, и до первой декады ноября сохраняется пожароопасный период. Основной угрозой для лесного массива являются степные пожары, которые возникают на территориях личных сельскохозяйственных объединений и хозяйств.

Немаловажный фактор, оказывающий влияние на биоразнообразие ООПТ – это антропогенный (табл. 1). На основной территории на выделенных участках лесного фонда, в зоне ограничено-хозяйственной деятельности местными жителями и для служебного пользования закреплены участки для государственных инспекторов. На сопредельных с ООПТ территориях (это в основном охранная зона) существующие крестьянские хозяйства



занимаются сенокосением. В связи с тем, что полная инвентаризация флоры в охранной зоне не закончена, возникает угроза растительным сообществам, которые можно отнести к редким региональным видам. Проблемным вопросом

стоит вопрос выделения служебных наделов в заповедных территориях Кентского лесничества в охранной зоне, в связи с тем, что вокруг находятся частные хозяйства, которые граничат с территорией ООПТ.

Таблица 1

Влияние источников воздействия на флору и растительность

Место и время наблюдения воздействия	Объекты и факторы воздействия	Описание и оценка результатов воздействия	Пояснения	Принимаемые меры и рекомендуемые мероприятия
Ур. Комиссаровка, левый берег р. Назар	Объект: туристский лагерь на левом берегу р. Назар Устройство костров в лагере и за пределами нарушение режима ООПТ туристами.	Захламление территории КГНПП мусором и бытовыми отходами (до 500 м от лагеря). выламывание сучьев для кострищ( 300...400 м от лагеря) вытаптывание растительности в периметре до 3 км вокруг лагеря.		Сокращение числа посетителей
Прилегающие к г. Каркаралинску территории национального парка	Неорганизованный выпас крупного (коровы) и мелкого(бараны, козы) скота	Происходит уплотнение почвенного покрова, увеличение синантропных видов растительности.	Выпадение из травостоя первоцветов (прострел поникающий, адонис волосистый, тюльпан поникающий, рябчик маленький и др.) увеличение площадей типчака.	Ограничение доступа крупного и мелкого скота на территорию национального парка путем ограживания наиболее уязвимых территорий в местах прохода скота.

Немалый вред на территорию данной местности также оказывает и неорганизованный туризм. Серьезной угрозе, со стороны отдыхающих зон отдыха и «диких» туристов подвергаются:

– горное лесничество, район горных озер «Шайтанколь» и «Бассейн», пещера первобытного человека в урочище «Маликсай»;

– Каркаралинское лесничество, урочище Комиссаровка где основными посетителями являются посетители выходного дня, которые располагаются на бивачной поляне. Количество посетителей в летний период располагающихся в палатках иногда превышает свыше 200-х

сот человек/день, что сильно влияет на флору и фауну данного участка. К тому же в данном урочище расположен оздоровительный лагерь «Романтик», вместимостью до 180 человек, и зона отдыха «Медик», вместимостью до 120 человек.

Одним из угроз являются местные жители, и приезжающие к ним гости. Примыкание к городу Каркаралинску лесного массива с северо-западного направления, дает возможность неорганизованным туристам посещать территорию ООПТ, что в свою очередь сказывается на лесной экосистеме (табл. 2)

Влияние источников воздействия на животный мир

Место и время наблюдения воздействия	Объекты и факторы воздействия	Описание и оценка результатов воздействия	Пояснения	Принимаемые меры и рекомендуемые мероприятия
Окрестности действующих д/о, г. Каркаралинска	Посетители КГНПП создают фактор беспокойства.	Животные покидают привычные места обитания, нарушается жизненный цикл	Неорганизованное посещение территории национального парка	Ограничение доступа посетителей во время гнездового периода, периода выкармливания детенышей.

Кроме того, в Каркаралинском районе в 12...15 км от территорий ООПТ в поселке Карагайлы располагается горно-обогатительный комбинат Казахмыс, который занимается добычей руды и переработкой барита. В дни с сильным ветром восточного направления, на территорию КГНПП выносятся баритная пыль, что влияет на экологическую систему, в частности территорию ООПТ.

Постоянное уничтожение волка в охранной и сопредельной территории национального парка, отражается на общем состоянии фаунистических составляющих природных комплексов.

С созданием ООПТ выпас скота на территории охранной зоны не был достаточно проработан. Основное население города Каркаралинска выпас скота производит в степной восточной части. Скот населения западной части выходит на выпас к границам лесного массива, что приводит к деградации пастбищ, многие кормовые растения вытесняются малоценными, сорными, что ухудшает качество травостоя и в совокупности влияет на экосистемы данных участков.

Не определены нормы выпаса скота, содержащегося на территории д/о Шахтер и поселка Комиссаровка, что влияет на растительные сообщества и экосистемы в целом.

Нахождение подсобного хозяйства ООПТ в Каркаралинском лесничестве, в урочище Актонрак приводит к деградации данных участков.

На некоторых участках лесного фонда, примыкающих к генетическому резервату госинспектора содержат личные подсобные хозяйства, что в свою очередь влияет на лесной и степной биоценоз.

Судя по данным инвентаризации вредных

выбросов [5] в атмосферу Каркаралинского национального природного парка, загрязняющие вещества не улавливаются, не обезвреживаются и не утилизируются. Кроме того, при их инвентаризации отсутствуют данные о количестве веществ, загрязняющих атмосферу, почву и воду источников промышленного и сельскохозяйственного назначения, размещенных в г. Каркаралинске и близ расположенных поселках, в том числе в пос. Карагайлы. Все это, безусловно, негативно сказывается на сохранение природного биоразнообразия Каркаралинского национального природного парка.

## ВЫВОДЫ

Для сохранения биоразнообразия, необходима деятельность, направленная на разработку и внедрение научных методов сохранения биологического разнообразия, природных комплексов, охраны историко-культурных объектов в условиях рекреационных нагрузок, а также прогноза экологической обстановки по данным мониторинга.

Итак, для восстановления и поддержания ресурсного биоразнообразия необходимо:

- углублённое и всестороннее изучение флористического состава Каркаралинских низкогорий;
- восстановление почв, нарушенных пахотным использованием на территории Каркаралинских низкогорий. Рекультивация позволяет вернуть нарушенные земли в состав сельскохозяйственных угодий, использовать их под леса, водоемы, зоны отдыха, жилищное и промышленное строительство. Рекультивации

могут подлежать выемки карьеров, торфоразработки, породные отвалы шахт и карьеров, площадки буровых скважин и т.п. При соблюдении научнообоснованных технологий рекультивации нарушенные земли возможно в течение 3...5 лет превратить в высокопродуктивные угодья.

- улучшение климата (лесопосадки). Лесовосстановление применяется для создания новых лесов или улучшения состава древесных пород в уже существующих.

- улучшение гидрохимического и гидрологического режимов с использованием эффективных биофильтров от удобрений, пестицидов и животноводческих стоков (леса и ветланды – травяные болота и влажные луга);

- формирование системы полезных симбиотических связей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Быков Б.А.* Растительный покров Казахстана / Б.А. Быков – Алма-Ата, 1966 – 165 с.
2. *Габов Ю.А., Кист В.Э., Хамзин Б.С., Обухов Ю.Д., Смагулов Б.А.* ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАЗАХСТАН: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ
3. *Гордягин А.Я.* О Кокчетавских лесах // Записки Западно-Сибирского Отделения Русского географического общества. – 1897. – Т. 22. С. 1-18.
4. *Горчаковский П.Л.* Лесные оазисы Казахского мелкосопочника. – М.: Наука, 1987б.
5. Инвентаризация источников выбросов вредных веществ в атмосферу для Каркаралинского государственного национального природного парка // ТОО «EcolineServicePlus», Караганда, 2006.
6. *Крашенинников И.М.* Основные пути развития растительности Южного Урала в связи с палеогеографией северной Евразии в плейстоцене и голоцене // Советская ботаника. – 1939. – № 6-7. – С. 67-99.
7. *Масленникова, И. С.* Экологический менеджмент и аудит : учебник и практикум для бакалавриата и специалитета / И. С. Масленни-

кова, Л. М. Кузнецов. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 328 с.

8. *Мэгарран Э.* Экологическое разнообразие и его измерение. – М.: Мир, 1992. – 184 с.

9. *Сукачев В.Н.* Кокчетавские горные леса // Землеведение. – 1948. – Т. 3. – С. 5-34.

10. *Чупахин В.М.* Страна природных контрастов – Алма-Ата: Казахстан, 1973.

### REFERENCES

1. *Byikov B.A.* Rastitelnyiy pokrov Kazahstana / B.A. Byikov – Alma-Ata, 1966 – 165 s.
2. *Gabov Yu.A., Kist V.E., Hamzin B.S., Obuhov Yu.D., Smagulov B.A.* TsENTRAL'NYIY KAZAHSTAN: PROBLEMYI I RESHENIYA
3. *Gordyagin A.Ya.* O Kokchetavskih lesah // Zapiski Zapadno-Sibirskogo Otdeleniya Russkogo geograficheskogo obschestva. – 1897. – Т. 22. S. 1-18.
4. *Gorchakovskiy P.L.* Lesnyie oazisyi Kazahskogo melkosopochnika. – М.: Nauka, 1987b.
5. Inventarizatsiya istochnikov vyibrosov vrednyih veschestv v atmosferu dlya Karkaralinskogo gosudarstvennogo natsionalnogo prirodnogo parka // ТОО «EcolineServicePlus», Karaganda, 2006.
6. *Krashennnikov I.M.* Osnovnyie puti razvitiya rastitelnosti Yuzhnogo Urala v svyazi s paleogeografiei severnoy Evrazii v pleystotsene i golotsene // Sovetskaya botanika. – 1939. – # 6-7. – S. 67-99.
7. *Maslennikova, I.S.* Ekologicheskii menedzhment i audit : uchebnik i praktikum dlya bakalavriata i spetsialiteta / I. S. Maslennikova, L. M. Kuznetsov. – Moskva : Izdatelstvo Yurayt, 2019. – 328 s.
8. *Megarran E.* Ekologicheskoe raznoobrazie i ego izmerenie. – М.: Mir, 1992. – 184 s.
9. *Sukachev V.N.* Kokchetavskie gornye lesa // Zemlevedenie. – 1948. – Т. 3. – S. 5-34.
10. *Chupahin V.M.* Strana prirodnyih kontrastov – Alma-Ata: Kazahstan, 1973

**ҚАРҚАРАЛЫ ТАУЛАРЫНЫҢ БИОРЕСУРСТАРЫН ПАЙДАЛАНУ**

**Е.Б. Кеукенов<sup>1</sup>, К.М. Джаналеева<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан  
E-mail: kotorymoroni@mail.ru*

Орталық Қазақстанның таулы алаптары соңғы жылдары – ең аз зерттелген аумақтар. Өсімдіктер әлемі геожүйелердің құрамдас бөлігі болып табылады әрі табиғи және антропогендік өзгерістердің негізгі көрсеткіші болып қызмет етеді. Осы жұмыстың мақсаты Қарқаралы аласа тауларының және Қарқаралы мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің (ҚМҰТП) биоресурстарын пайдалану бойынша шолу жүргізу болып табылады. Жазу барысында сипаттамалық зерттеу әдісі пайдаланылды, оның бірінші бөлігі осы жергілікті жерді, сондай-ақ мекендеу ортасын физикалық-географиялық тұрғыдан сипаттауға арналған. Одан әрі, автор орман алқабын экологиялық бағалау әдісіне және биологиялық әртүрлілікті бағалау әдісіне, олардың маңыздылығына баса назар аударады. Қарқаралы аласа тауларында өсімдіктер қоғамдастығы мен жануарлар дүниесін сақтап қалу мақсатында биоәртүрліліктің ағымдағы жай-күйіне бағалау жүргізу, олардың құрылымы мен ұтымды пайдаланылу мүмкіндігін бағалау қажет. Мақаланы жазу барысында ҚМҰТП аумағындағы әрі антропогендік, әрі табиғи сипаттағы экологиялық шиеленістің себептері келтірілді. Аумақтың биоресурстарын пайдалануға жүргізілген шолу болашақта ҚМҰТП шеңберінде биоәртүрлілікке мониторинг жүргізуге мүмкіндік береді. Автор мақаланы Қарқаралы тауларының биоресурстарын пайдалану проблемаларын шешу бойынша ұсынымдар тізбесімен аяқтайды.

**Түйін сөздер:** ландшафт, геожүйе, табиғи кешен, фитоәртүрлілік, табиғи аймақ

**USE OF BIOLOGICAL RESOURCES OF THE KARKARALY MOUNTAINS**

**E.B. Keukenov<sup>1</sup>, K.M. Dzhanaleeva<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan  
E-mail: kotorymoroni@mail.ru*

In recent years, low-mountain massifs of Central Kazakhstan have been the least studied areas. Flora is an integral part of geosystems and is the main indicator of natural and anthropogenic changes. The objective of this paper is to review the use of bioresources in the Karkaraly Lowlands and Karkaraly State National Nature Park (KSNNP). The descriptive method of research was used while writing this paper, the first part of which focuses on the physical and geographical description of the area, as well as the habitat. Further, the author focuses on the method of ecological assessment of the forest area and the method for assessing biodiversity, and their importance. To preserve the phytocenosis and fauna in the Karkaraly Lowlands, it is necessary to assess the current state of biodiversity, assess their structure and the potential for rational use. While writing the article, the causes of environmental tensions in the KSNNP area of both anthropogenic and natural origin were outlined. The review of the use of the area's bioresources provides an opportunity to monitor biodiversity in KSNNP in the future. The author concludes the article with a list of recommendations to address the problems of bioresources use in the Karkaraly Mountains.

**Keywords:** landscape; geosystem; natural system; phytodiversity; natural zone

УДК 551.578.46

**ИССЛЕДОВАНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ БАССЕЙНА РЕКИ ЖАЙЫК****Б.Т. Жездибаева<sup>1</sup>, А.Т. Мамытова<sup>1</sup>**<sup>1</sup>РГП "Казгидромет", г. Алматы, Казахстан

E-mail: zhezdebayeva\_b@meteo.kz, mamytova\_a@meteo.kz

В работе проведены исследования снежного покрова на территории бассейна реки Жайык, который включает следующие естественные ландшафтные зоны: Мугоджарские горы, Подуральское плато, Прикаспийская низменность. Основная задача настоящей работы заключается в определении пространственной изменчивости характеристик снежного покрова (высоты снежного покрова, запаса воды в снеге) и их временных изменений в бассейне реки Жайык. Основным источником изучения снежного покрова служат материалы непосредственных наблюдений на гидрометеорологической сети метеостанций. Данные по снежному покрову взяты с 1977 по 2020 гг. В качестве исходных материалов использованы даты установления и схода устойчивого снежного покрова, высота снега по постоянной рейке, плотность и запас воды в снеге по 23 метеорологическим станциям. По данным за последние 40 лет для территории бассейна реки Жайык было выявлено, что даты образования снежного покрова смещаются на более поздние сроки, даты разрушения – на более ранние, а число дней со снежным покровом и высота снежного покрова существенно не изменились.

**Ключевые слова:** снежный покров, запас воды в снеге, дата схода снежного покрова, дата разрушения снежного покрова, метеостанция, пространственная изменчивость

Поступила 15.11.21

DOI: 10.54668/2789-6323-2021-103-4-29-37

**ВВЕДЕНИЕ**

Характеристики снежного покрова являются климатически значимыми параметрами. К основным характеристикам снежного покрова относятся запас воды в снежном покрове, который зависит от толщины снежного покрова и его плотности. В качестве сроков залегания снежного покрова в работе используются фиксируемые на метеостанциях сроки образования и разрушения снежного покрова. Часто для исследования пространственно-временной динамики развития снежного покрова используются данные станционных метеорологических наблюдений или маршрутных снегомерных съемок. В соответствии с методикой Главной геофизической обсерватории (ГГО) за дату

образования устойчивого снежного покрова принят первый день периода устойчивого снежного покрова, за дату разрушения – первый день после периода со снежным покровом, когда степень покрытия территории снегом становится менее шести баллов по десятибалльной шкале. Устойчивым считается снежный покров при продолжительности его непрерывного залегания в течение не менее чем 30 дней с перерывами не более трех дней подряд или вразбивку в месячном промежутке [2, 5]

Метеорологические станции верхнего течения реки Жайык находятся в предгорье Мугоджар, в районе Подуральского плато, а метеорологические станции нижнего течения, в основном, на территории пустынно-степной зоны северной части Прикаспийской

низменности. В состав материалов исследования состояния снежного покрова входит иллюстративный материал (графики, таблицы) и подготовленный на его основе текст, содержащий анализ текущих климатических аномалий и наблюдаемых изменений в режиме снежного покрова. Устойчивый снежный покров образуется в бассейне реки Жайык в ноябре-

декабре, причем его формирование происходит с севера на юг рассматриваемой территории. В табл. 1 приведены даты формирования и разрушения устойчивого снежного покрова (средняя, ранняя, поздняя), рассчитано среднее квадратическое отклонение и повторяемость зим с неустойчивым снежным покровом.

Таблица 1

Даты установления и разрушения устойчивого снежного покрова

Широта	Долгота	Станция	Установление УСП				Разрушение УСП				Зимы с неустойчивым снежным покровом, %
			средняя	ранняя	поздняя	д д	средняя	ранняя	поздняя	д д	
Верхнее течение											
50.23	58.00	Новорос- сийское	22.11	28.10	23.12	16	08.04	13.03	24.04	9	0
49.98	56.35	Ильинский	05.12	31.10	20.01	15	26.03	04.03	11.04	11	0
50.30	57.23	Актобе	25.11	28.10	30.12	15	30.03	10.03	13.04	9	0
50.73	57.87	Кос-Истек	18.11	28.10	21.12	14	07.04	21.03	23.04	8	0
50.75	56.51	Мартук	21.11	25.10	21.12	14	30.03	14.03	11.04	8	0
50.65	57.17	Родниковка	16.11	20.10	21.12	15	11.04	20.03	27.04	7	0
51.03	54.10	Чингирлау	28.11	29.10	19.01	18	06.04	12.03	24.04	10	0
51.18	53.00	Аксай	05.12	07.11	19.01	17	26.03	02.03	10.04	10	0
51.45	52.25	Январцево	29.11	29.10	02.01	16	26.03	28.02	10.04	11	0
Нижнее течение											
51.25	51.28	Уральск	03.12	29.10	27.01	18	27.03	28.02	11.04	10	0
51.10	50.12	Каменка	28.11	29.10	04.01	15	01.04	28.02	18.04	11	0
50.20	51.17	Чапаево	06.12	07.11	18.01	16	20.03	16.01	11.04	15	0
50.25	52.57	Джамбейта	08.12	09.11	19.01	16	26.03	28.02	12.04	11	0
49.05	51.87	Тайпак	14.12	10.11	18.01	15	17.03	19.02	09.04	12	16
49.20	50.30	Джанагала	23.12	11.11	27.01	20	08.03	11.01	08.04	20	16
49.67	49.48	Жалпактал	22.12	09.11	18.01	17	14.03	13.01	09.04	19	12
48.57	51.75	Индербор- ский	25.12	27.11	05.02	18	07.03	30.12	31.03	22	36
47.67	51.58	Махамбет	20.12	10.11	03.02	20	26.02	25.01	23.03	16	36
47.12	51.88	Атырау	04.01	08.12	04.02	16	19.02	12.01	20.03	17	53
46.90	51.67	Пешной	02.01	28.11	04.02	20	21.02	05.01	26.03	23	56
49.83	48.68	Казталовка	17.12	09.11	18.01	18	15.03	10.01	10.04	19	8

### МАТЕРИАЛЫ И РАСЧЕТЫ

В верховье реки Жайык устойчивый снежный покров образуется в среднем с 16 ноября по 05 декабря, самое раннее с 20 октября по 7 ноября (МС Родниковское), а самое позднее с 21 декабря по 20 января (МС Ильинский). В нижнем течении отмечается запаздывание почти на месяц, образуется с 28 ноября по 25 декабря, в

отдельные годы устойчивый снежный покров не образуется, т.к. местные термические условия холодного полугодия далеко не всегда благоприятны для сохранения выпавшего снега. Самое раннее образование устойчивого снежного покрова наблюдалось 29 октября по 8 декабря (МС Январцево, МС Уральск, МС Каменка), самое позднее со 2 января по 5 февраля (МС Индерборский). Среднее квадратическое отклонение

колеблется от 14...17 дней в верховье реки, от 15...20 дней в нижнем течении. Также посчитана повторяемость зим с неустойчивым снежным покровом. Анализ данных показывает, что в верховьях р. Жайык зим с неустойчивым снежным покровом не наблюдается, в низовьях в равнинной части бассейна повторяемость зим с неустойчивым снежным покровом колеблется от 8 до 16 % (МС Казталовка, МС Тайпак), а в Прикаспийской низменности повторяемость зим с неустойчивым снежным покровом до 36...56 % (МС Махамбет, МС Пешной).

Режим весеннего разрушения и схода снега. Разрушение устойчивого снежного покрова в верховье реки происходит в течение двух месяцев – в среднем с 26 марта по 11 апреля, самое раннее – с 02 по 21 марта (МС Кос-Истек), самое позднее – с 10 по 27 апреля (МС Родниковка). В низовье реки разрушение устойчивого снежного покрова происходит в

среднем с 7 марта по 1 апреля. Самое раннее разрушение устойчивого снежного покрова наблюдалось с 30 декабря (МС Индерборский) по 28 февраля, самое позднее – с 20 марта по 18 апреля (МС Каменка). На всей территории бассейна р. Жайык устойчивый снежный покров сходит с юга на север. Это обуславливается многими причинами:

- физико-географическими особенностями;
- интенсивностью весеннего притока солнечной радиации;
- адвекцией теплых воздушных масс;
- особенностью местности;
- величиной запасов снега и т. д.

Анализ пространственной структуры поля снежного покрова в бассейне реки Жайык. В таблице 2 приведены данные снежного покрова: средние, наибольшие и наименьшие параметры за период 1977...2020 гг. из наибольших значений за зиму.

Таблица 2

Средние, наибольшие и наименьшие параметры снежного покрова за период 1977...2020 гг. из наибольших значений за зиму

Широта	Долгота	Станция	Средняя декадная высота снежного покрова по постоянной рейке, см			Высота снежного покрова по снегосъемкам на последний день декады, см (поле)			Плотность снежного покрова по снегосъемкам на последний день декады, кг/м <sup>3</sup> (поле)			Запас воды в снежном покрове по снегосъемкам на последний день декады, мм (поле)		
			средн.	макс.	мин.	средн.	макс.	мин.	средн.	макс.	мин.	средн.	макс.	мин.
Верхнее течение														
50.23	58.00	Новорос- сийское	37	77	13	34	65	12	30	42	20	111	267	31
49.98	56.35	Ильинский	34	104	7	18	29	6	22	34	9	45	76	17
50.30	57.23	Актобе	34	65	13	26	45	11	30	41	20	70	158	27
50.73	57.87	Кос-Истек	49	79	20	38	61	22	30	40	16	122	220	46
50.75	56.51	Мартук	34	55	21	28	42	16	25	35	14	74	133	36
50.65	57.17	Родниковка	74	137	27	55	87	24	31	57	22	178	357	65
51.03	54.10	Чингирлау	30	57	8	24	45	11	25	38	17	66	114	27
51.18	53.00	Аксай	29	73	14	23	46	11	24	36	11	68	154	26
Нижнее течение														
51.25	51.28	Уральск	35	59	11	27	55	12	24	37	15	74	137	30
51.10	50.12	Каменка	34	86	13	29	64	11	32	45	15	101	246	20
50.20	51.17	Чапаево	26	90	5	21	53	6	23	36	9	60	118	11
50.25	52.57	Джамбейта	28	81	8	22	42	7	31	47	18	93	214	15
49.05	51.87	Тайпак	18	38	4	13	28	4	27	40	16	41	88	15
49.67	49.48	Жалпактал	21	45	4	14	27	1	27	40	14	53	105	6
48.57	51.75	Индербор- ский	20	80	2	13	43	2	28	48	9	47	160	6
47.67	51.58	Махамбет	12	35	1	11	30	1	21	43	7	32	129	6
47.12	51.88	Атырау	12	42	1	11	30	3	21	34	9	27	75	3
46.90	51.67	Пешной	12	55	1	12	39	3	20	24	16	29	85	9

**Анализ данных верхнего течения р. Жайык:**

1) высота снежного покрова по постоянной рейке: средняя – от 29 до 74 см, максимальная – от 65 до 137 см, минимальная – от 7 до 27 см;

2) высота снежного покрова по снегосъемке: средняя – от 18 до 55 см, максимальная – от 29 до 87 см, минимальная – от 6 до 24 см;

3) плотность снежного покрова по снегосъемке: средняя – от 0,22 до 0,31 г\см<sup>3</sup>, максимальная – от 0,34 до 0,57 г\см<sup>3</sup>, минимальная – от 0,09 до 0,22 г\см<sup>3</sup>;

4) запас воды снежного покрова по снегосъемке: средняя – от 45 до 178 мм, максимальная – от 76 до 357 мм, минимальная – от 17 до 65 мм.

Наибольшие значения снежного покрова отмечались на МС Родниковское, наименьшие значения – на МС Ильинский.

**Анализ данных нижнего течения р. Жайык:**

1) высота снежного покрова по постоянной рейке: средняя – от 12 до 35 см, максимальная – от 38 до 90 см, минимальная – от 1 до 13 см;

2) высота снежного покрова по снегосъемке: средняя – от 11 до 29 см, максимальная – от 27 до 64 см, минимальная – от 1 до 12 см;

3) плотность снежного покрова по снегосъемке: средняя – от 0,20 до 0,32 г\см<sup>3</sup>, максимальная – от 0,24 до 0,48 г\см<sup>3</sup>, минимальная – от 0,07 до 0,18 г\см<sup>3</sup>;

4) запас воды снежного покрова по

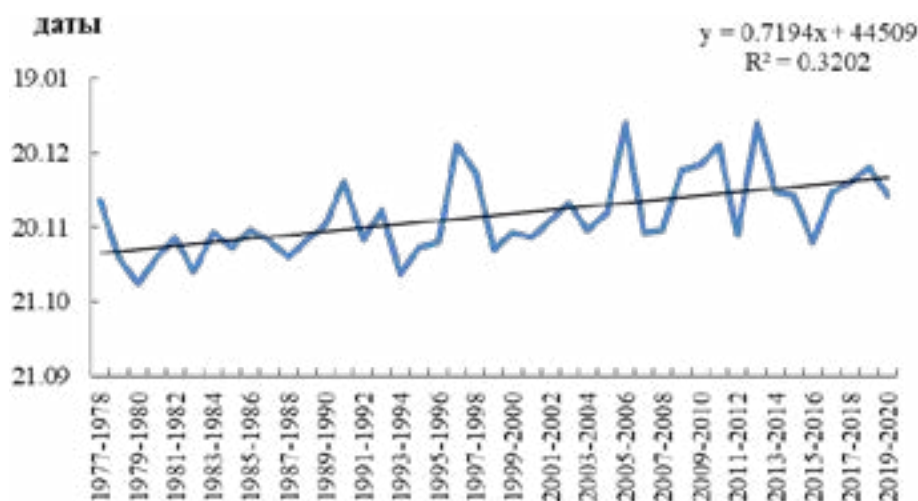
снегосъемке: средняя – от 27 до 101 мм, максимальная – от 76 до 246 мм, минимальная – от 7 до 18 мм.

Наибольшие значения снежного покрова отмечались на МС Каменка, наименьшие значения – на МС Атырау.

Исследование параметров снежного покрова. На рисунке 1 показаны пространственно-временная изменчивость даты образования устойчивого снежного покрова за период 1977...2020 гг. по бассейну р. Жайык. В верховье реки по МС района Мугоджарских гор рассчитанные тренды обнаруживают значимую тенденцию к более поздним срокам образования устойчивого снежного покрова на 0,11...0,72 сут\год (МС Новороссийское, МС Родниковка). В нижнем течении тренды статистически не значимы.

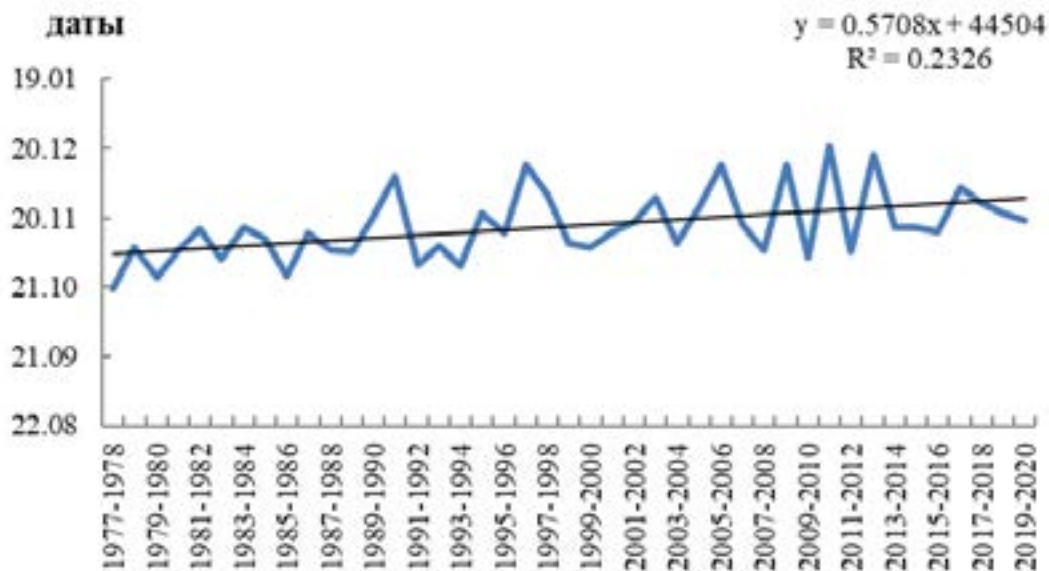
Динамика дат разрушения устойчивого снежного покрова приведена рис. 2. В верховье реки на исследуемой территории отмечается значимая тенденция смещения сроков схода устойчивого снежного покрова на более ранние даты (-0,04...-0,28 сут\год) (МС Новороссийское). В нижнем течении, в районе Подуральское плато, также прослеживается значимая тенденция на более ранние даты (-0,19...-0,27 сут\год).

Известно, что формирование снежного покрова находится в тесной зависимости от температурных условий. Изменение дат образования и разрушения устойчивого снежного покрова связано с региональным потеплением [4].

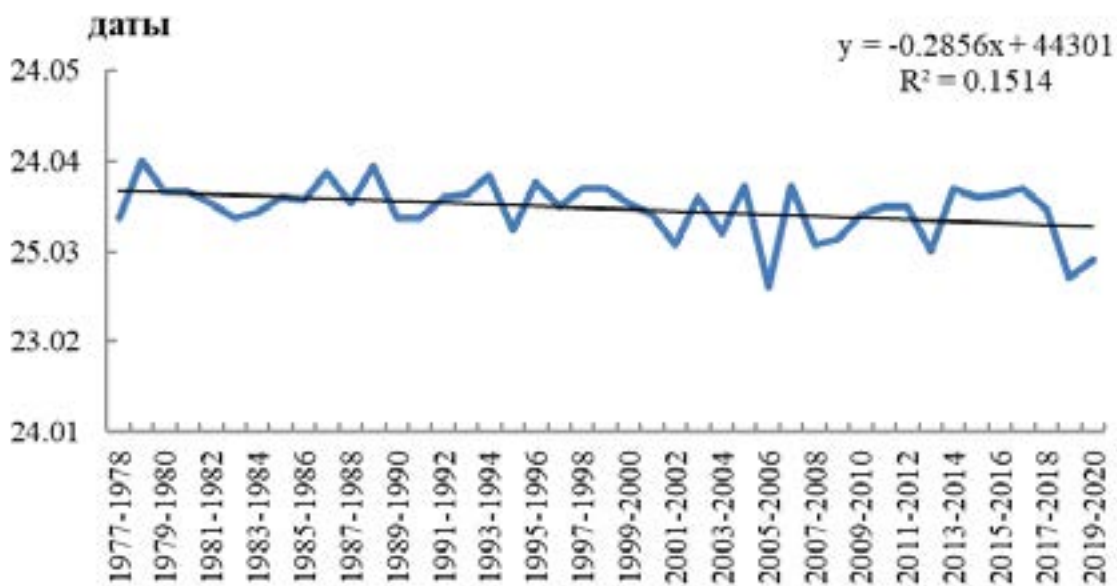


**Рис.1.** Временные ряды и линейный тренд аномалий даты образования устойчивого снежного покрова за период 1977...2020 гг. по бассейну р. Жайык, Метеостанция Новороссийское.





**Рис.2.** Временные ряды и линейный тренд аномалий даты образования устойчивого снежного покрова за период 1977...2020 гг. по бассейну р. Жайык, Метеостанция Родниковка.



**Рис.3.** Временные ряды и линейный тренд аномалий даты разрушения устойчивого снежного покрова за период 1977...2020 гг. по бассейну р. Жайык, Метеостанция Новороссийское.

В верхнем течении р. Жайык на МС в районе Мугоджарских гор аномалии запаса воды варьируются от -113 до +179 мм. Наибольшее положительное отклонение аномалии наблюдалось в 2015...2016 гг., наибольшее отрицательное – в 2008...2009 гг. Наибольшее положительное и наибольшее отрицательное отклонения наблюдались на МС Родниковка.

В нижнем течении р. Жайык (Подуральское плато) аномалии запаса воды варьируются от -81 до +145 мм. Наибольшее положительное

отклонение аномалии наблюдалось в 1987...1988 гг., наибольшее отрицательное – в 2000...2001 гг. Наибольшее положительное и также наибольшее отрицательное отклонения наблюдались на МС Каменка. В Прикаспийской низменности аномалии запаса воды варьируются от -41 до +113 мм. Наибольшее положительное отклонение аномалии наблюдалось в 2011...2012 гг., наибольшее отрицательное – в 2006...2007 гг. (рис. 4, рис. 5 и рис.6)

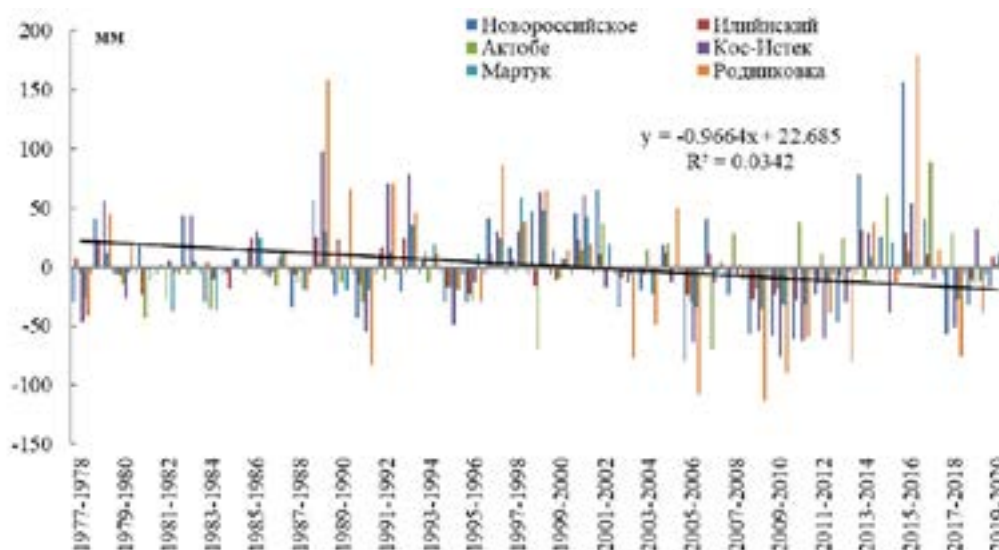


Рис.4. Временные ряды и линейный тренд аномалий запаса воды в снеге за период 1977...2020 гг., по территории бассейна р. Жайык, район Мугоджарских гор. Аномалии рассчитаны относительно осредненного периода 1977...2020 гг..

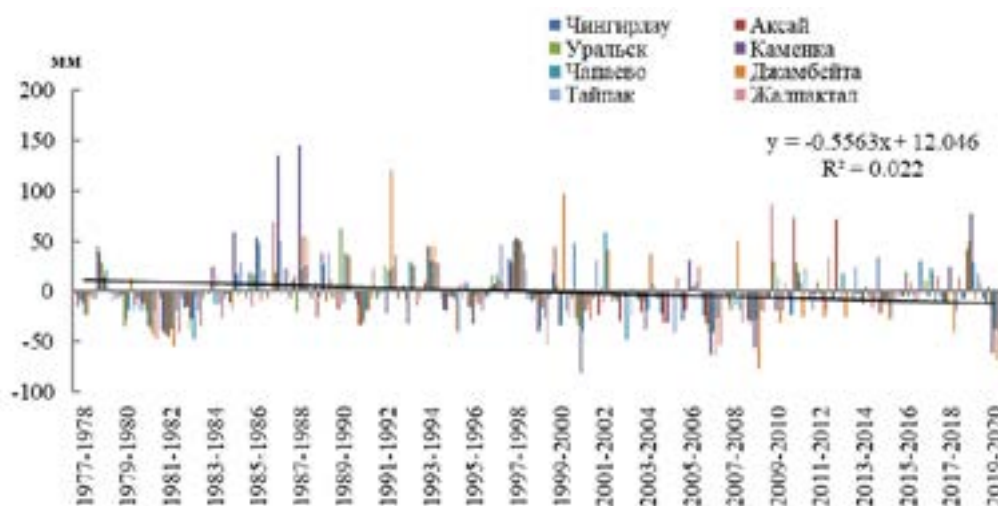


Рис.5. Временные ряды и линейный тренд аномалий запаса воды в снеге за период 1977...2020 гг., по территории бассейна р. Жайык, Подуральское плато. Аномалии рассчитаны относительно осредненного периода 1977...2020 гг..

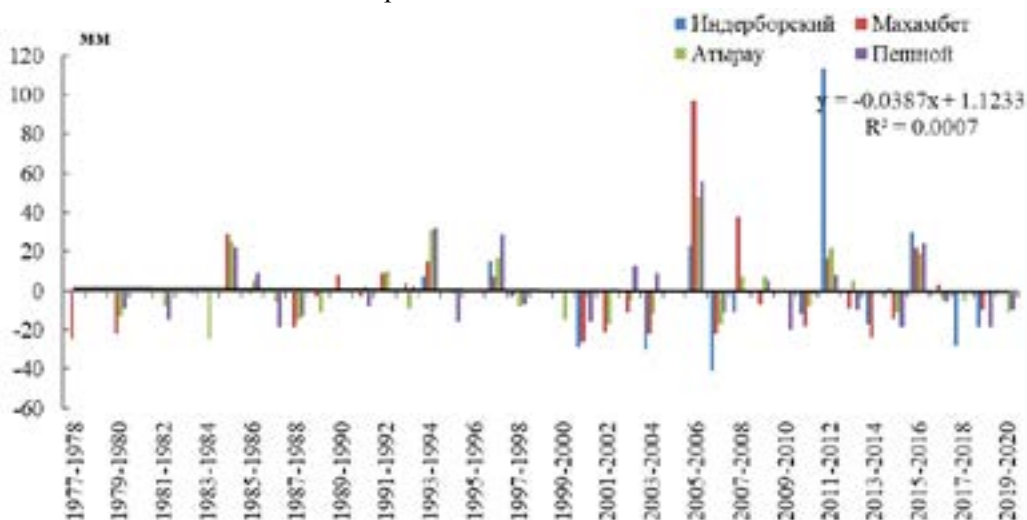


Рис.6. Временные ряды и линейный тренд аномалий запаса воды в снеге за период 1977...2020 гг., по территории бассейна р. Жайык. Прикаспийская низменность. Аномалии рассчитаны относительно осредненного периода 1977...2020 гг..

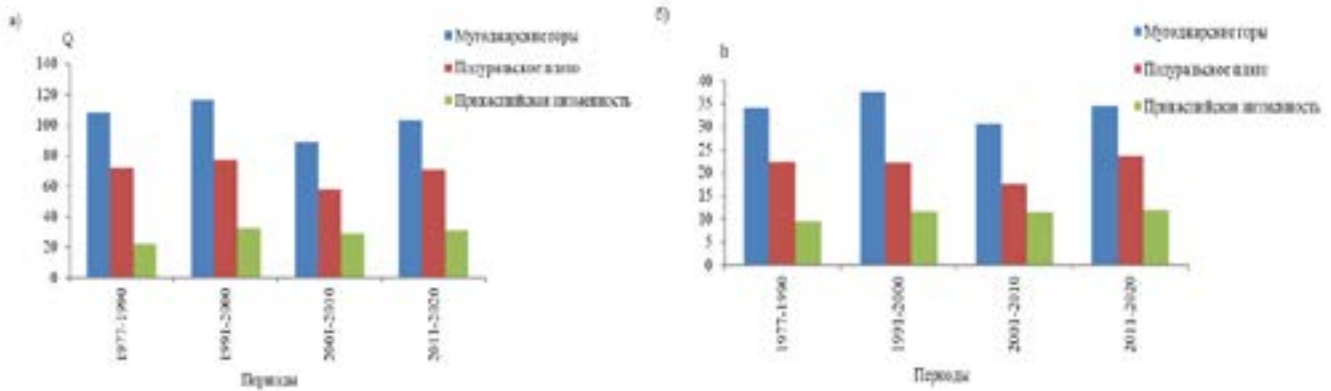


Рис.7. а) Средний за периоды запас воды в снеге б) высота снега по снегосъемкам осредненный по территории.

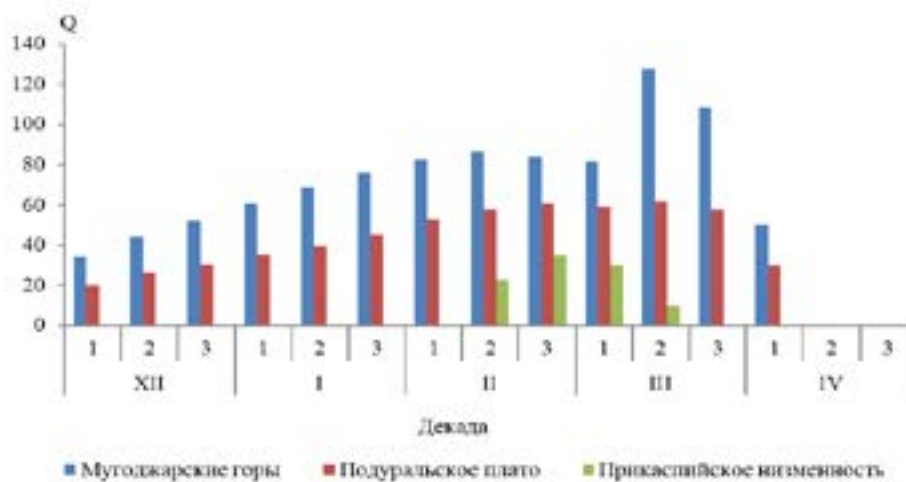


Рис.8. Средние многолетние декадные значения запаса воды в снеге.

На рис. 7 посчитан по 10-летним периодам осредненный по области запас воды в снеге и высота снега по снегосъемкам в последний день декады.

На рис. 8 приведены средние, многолетние декадные значения запаса воды в снеге, осредненные по территории. Накопление максимальных снеготпасов в районе Мугоджарских гор и Подуральское плато приходится на вторую декаду марта, а в Прикаспийской низменности в третьей декаде февраля.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данной работы были рассмотрены основные составляющие снежного покрова в бассейне реки Жайык, т.к. питание реки и ее притоков преимущественно снеговое. На долю снежного покрова приходится более 80 процентов годового стока реки. Питание происходит почти исключительно в период таяния снегов весной. Формирование снежного покрова находится в тесной зависимости

от температурных условий. Изменение дат образования и разрушения снежного покрова связано с влиянием изменения климата. Анализ данных показывает, что наибольшие значения запаса воды в снеге и высоты снежного покрова отмечались за период 1991...2000 гг., также следует отметить что, за последнее десятилетие 2010...2020 гг. наибольшие значения запаса воды в снеге увеличились, по сравнению с периодом 2001...2010 гг. по всей территории бассейна р. Жайык. Максимальные значения запаса воды в снеге за период 1991...2000гг. составляют 117 мм, а минимальные – 22 мм. Максимальная высота снега составляет – 38 см, минимальная – 12 см.

На территории бассейна реки Жайык устойчивый снежный покров, в среднем, образуется ноябре, а разрушается – в первой половине апреля. В последние десятилетия даты установления устойчивого снежного покрова смещаются на более поздние сроки, а даты разрушения – на более ранние.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. *Кауазов А.М.* Возможность определения дат схода снежного покрова в Северном Казахстане по спутниковым данным NOAA/AVHRR // Вестник КазНУ. Серия географическая. 2010. № 1. С. 95-99.

2. Методические указания. По критическому просмотру материалов по снежному покрову (ежедневные наблюдения и снегосъёмки) // РГП Казгидромет, Алматы – 2006

3. Научно-прикладной справочник по климату СССР // Серия 3. Многолетние данные Части 1-6. Выпуск 18. Казахская ССР. Книга 2 С. 322-323, 330-410

4. Научно-прикладной справочник по климату Казахстана// Астана - 2011

5. Руководство по подготовке к печати материалов по снежному покрову (снегосъёмки и снеготаяние) // Гидрометеиздат, Ленинград –1963

6. Руководящий документ, Производство наблюдений над интенсивностью снеготаяния и водоотдачей из снежного покрова // РД 52.08. 2009 – Санкт-Петербург – 2009

7. *Турулина Г.К., Сальников В.Г., Полякова С.Е., Муратова Н.Р.* Современные тенденции продолжительности залегания устойчивого снежного покрова в Северном Казахстане // Гидрометеорология и экология. –2013. – № 3. – С. 7-15.

8. *Чурюлин Е.В., Жданова Е.Ю.* Пространственная и временная изменчивость характеристик снежного покрова на территории Московского региона в последние десятилетия (2000-2018гг) // Гидрометцентр России

1. *Kauazov A.M.* Vozmozhnost' opredeleniya dat skhoda snezhnogo pokrova v Severnom Kazakhstane po sputnikovym dannym NOAA/AVHRR//Vestnik KazNU. Seriya geograficheskaya. 2010. № 1. S. 95–99.

2. Metodicheskie ukazaniya. Po kriticheskomu prosmotru materialov po snezhnomu pokrovu (ezhednevnyye nablyudeniya i snegos"emki) // RGP Kazgidromet, Almaty – 2006

3. Nauchno-prikladnoi spravochnik po klimatu SSSR // Seriya 3. Mnogoletnie dannye Chasti 1-6. Vypusk 18. Kazakhskaya SSR. Kniga 2 S. 322-323, 330-410

4. Nauchno-prikladnoi spravochnik po klimatu Kazakhstana// Astana – 2011

5. Rukovodstvo po podgotovke k pechati materialov po snezhnomu pokrovu (snegos"emki i snegotayanie) // Gidrometeoizdat, Leningrad – 1963

6. Rukovodyashchii dokument, Proizvodstvo nablyudenii nad intensivnost'yu snegotayaniya i vodootdachei iz snezhnogo pokrova // RD 52.08. 2009 – Sankt-Peterburg – 2009

7. *Turulina G.K., Sal'nikov V.G., Polyakova S.E., Muratova N.R.* Sovremennye tendentsii prodolzhitel'nostizaleganiya ustoichivogo snezhnogo pokrova v Severnom Kazakhstane // Gidrometeorologiya i ekologiya. –2013. – № 3. – S. 7-15.

8. *Churyulin E.V., Zhdanova E.Yu.* Prostranstvennaya i vremennaya izmenchivost' kharakteristik snezhnogo pokrova na territorii Moskovskogo regiona v poslednie desyatiletia (2000-2018gg)// Gidromettsentr Rossii

## ЖАЙЫҚ ӨЗЕНІ БАССЕЙІНІНІҢ АУМАҒЫНДАҒЫ ҚАР ЖАМЫЛҒЫСЫНА ЖҮРГІЗІЛГЕН ЗЕРТТЕУЛЕР

**Б.Т. Жездібаева<sup>1</sup>, А.Т. Мамытова<sup>1</sup>**

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

*E-mail: zhezdibayeva\_b@meteo.kz , mamytova\_a@meteo.kz*

Жұмыс барысында Мұғалжар таулары, Подуральское үстірті, Каспий маңы ойпаты сияқты табиғи ландшафттық аймақтарды қамтитын, Жайық өзені бассейнінің аумағындағы қар жамылғысына зерттеулер жүргізілді. Бұл жұмыстың негізгі мақсаты - Жайық өзені бассейніндегі қар жамылғысы сипаттамаларының (қар жамылғысының биіктігі, қардағы су қоры) кеңістік тұрғысынан алғандағы өзгергіштігін және олардың уақыт бойынша өзгерістерін анықтау болып табылады. Қар жамылғысын зерттеудің негізгі көзі ретінде метеостанциялардың гидрометеорологиялық желісінде тікелей жүргізілген бақылаулардың материалдары пайдаланылды. 1977...2020 жылдар аралығындағы қар жамылғысы бойынша мәліметтер алынды. Алғашқы материалдар ретінде 23 метеорологиялық станция бойынша тұрақты қар жамылғысының орныққан және ери бастаған күндері, тұрақты қар өлшеуіш рейка бойынша қар биіктігі, қардағы судың қоры мен тығыздығы қолданылды. Соңғы 40 жылдағы мәліметтерге сәйкес, Жайық өзені бассейнінің аумағы бойынша қар жамылғысының пайда болу және бұзылу күндері бір бағытқа жылжып отырғандығы, ал қар жамылғысы болған күндердің саны мен қар жамылғысының биіктігі айтарлықтай өзгергендігі анықталды.

**Түйін сөздер:** қар жамылғысы, қардағы судың қоры, қар жамылғысының еру күні, қар жамылғысының бұзылу күні, метеорологиялық станция, кеңістік тұрғысынан өзгергіштік

### STUDY OF SNOW COVER IN THE TERRITORY OF THE ZHAIYK RIVER BASIN

**B.T. Zhezdibaeva<sup>1</sup>, A.T. Mamytova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*RSE «Kazhydromet», Almaty, Kazakhstan*

*E-mail: zhezdibayeva\_b@meteo.kz , mamytova\_a@meteo.kz*

The paper studies of the snow cover on the territory of the Zhaiyk river basin, which includes the following natural landscape zones: Mugodzhhar Mountains, the Ural plateau, the Caspian lowland. The main task of this work is to determine the spatial variability of snow cover characteristics (snow cover height, snow water supply) and their temporal changes in the Zhaiyk River basin. The main source of studying the snow cover is the materials of direct observations on the hydrometeorological network of weather stations. Data on snow cover are taken from 1977 to 2020. The initial materials used were the dates of establishment and descent of a stable snow cover, the height of the snow on a constant rail, the density and water supply in the snow at 23 meteorological stations. According to the data for the last 40 years for the territory of the Zhaiyk river basin, it was found out that the dates of formation and destruction of the snow cover shifted in one direction, and the number of days with snow cover and the height of the snow cover did not change significantly.

**Keywords:** snow cover, water supply in snow, date of snow cover, date of snow cover destruction, weather station, spatial variability

УДК 528.931.2

## АНТРОПОГЕНДІК ЫҚПАЛ ӘСЕРІНЕН АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНЫҢ ГИДРОГРАФИЯЛЫҚ ЖЕЛІСІНІҢ ӨЗГЕРУІ

**К.К. Дускаев**<sup>1</sup> техника ғылымдарының кандидаты, **А.Г. Чигринец**<sup>1</sup> география ғылымдарының кандидаты, **М.Н. Тұрсынғали**<sup>1</sup>, **С.Т. Ахметова**<sup>1</sup>, **А.К. Мусина**<sup>1</sup> география ғылымдарының кандидаты

<sup>1</sup>әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан  
E-mail: kduskaev@gmail.com, ch.al.georg@mail.ru, tursyngali.marzhan@gmail.com

Мақалада Алматы қаласы мысалында қалалық аймақтың гидрографиялық желісінің трансформациясына сандық карталар арқылы баға беріледі. Қаланың 1960, 1980, 1917, 1941 және 1981 жылдар үшін тұрғызылған кесте-сызбалары негізінде сандық карталар жасалды. Заманауи гидрографиялық желінің ағымдағы жағдайын нақтылау мақсатында негіз ретінде қаланың 2015 жыл үшін сандаудан өткізілген картасы алынды. Осы арқылы аталған кезеңдер үшін су ағындарының жиынтық ұзындығы мен су жинау алаптарының аудандары, гидрографиялық желінің тығыздығы есептелді және олардың серпіні бағаланды. Уақыт өте келе қала аумағында пайда болған жасанды су нысандарына сипаттама берілді. Гидрографиялық желі элементтерінің құрамына жасанды су нысандарының қосылуы мен табиғи су нысандарына антропогендік фактордың ықпалы ескерілді. Зерттеу нәтижелері аумақты сумен қамту және су нысандарына зиянды шаруашылық іс-әрекеттерінің ықпалын азайту шараларын ұйымдастыру кезінде кеңінен пайдалануға болады.

**Түйін сөздер:** гидрографиялық желі, қалалық аймақ, антропогендік фактор, заманауи шекара, сандық карта, кесте-сызба, өзгеру, ArcGIS

Поступила 15.11.21

DOI: 10.54668/2789-6323-2021-103-4-38-47

### КІРІСПЕ

Гидрографиялық желі – белгілі бір аумақтағы өзендер мен басқа да тұрақты және уақытша әрекеттегі ағын сулардың, сонымен қатар, көлдер, батпақтар және су қоймаларының жиынтығы [8].

Табиғи және антропогендік факторларға байланысты қаланың гидрографиялық желісінің уақыт және кеңістік бойынша қалыптасуы мен өзгеріске ұшырауы қалалық аймақтың дамуындағы өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Қала тұрғызу үшін таңдалып алынған жергілікті жер оны игеру мен қалалық аймаққа айналдыру барысында айтарлықтай өзгеріске ұшырайды. Қалалық аймақты игеру табиғи ландшафттың барлық құраушыларының, соның ішінде гидрографиялық желінің: оның құрылымының, су

қоймаларының морфометриялық сипаттамаларының, олардың деңгейлік режимінің, ағынды жағдайының, гидрохимиялық құрамының және т.б. өзгеруіне ықпал етеді. Жайлылықты арттыруға және қауіпсіз өмір сүруге бағытталған гидрографиялық желінің өзгеруімен, көбінесе, жағымсыз салдарлар ілесе жүреді. Бұл жағдай Алматы сияқты көне қалаларда ерекше айқын байқалады.

Қалалық аймақтардың су нысандарына табиғи және антропогенді факторлардың әсерін бағалау - ең күрделі, аз зерттелген және өте өзекті мәселелердің бірі, оны шешудің үлкен ғылыми, әлеуметтік және қолданбалы маңызы бар.

Урбанизация үдерісі, әдетте, су ресурстарын ұтымды және кешенді пайдалану мен оларды аумақтық үлестіру мәселесін шиеленістіреді. Өз кезегінде, су ресурстары урбанизация ерек-

шеліктеріне үлкен әсер етеді, сонымен бірге оның кері әсеріне жиі ұшырайды. Урбанизация көбінесе аумақтың айтарлықтай өзгеруіне әкелетінін атап өткен жөн: ландшафт, гидрографиялық желі, климаттық жағдайлар, өзендердің нөсерлі және минималды ағындысының қалыптасу жағдайлары, судың сапасының өзгеруі және т.б. Қала аумағы (Алматы қаласы сияқты) бірнеше табиғи зоналарды қамтығанда үдерістер анағұрлым күрделі жүреді.

Қалалық аймақты игеру мен жоғары техногенді жүктеме жер бедері пішіндерінің айтарлықтай түрленуімен жанама жүреді, ал оның нәтижесі гидрографиялық желінің функционалдылығы мен даму шарттарының өзгерісі ретінде көрініс береді.

### **ЗЕРТТЕУ НЫСАНЫ**

Алматы қаласы Тянь-Шань тау жүйесінің сілемдерінің бірі болып табылатын Іле Алатауы жотасының солтүстік беткейінің бөктерінде, Кіші Алматы, Үлкен Алматы, Қарғалы, Ақсай өзендерінің ежелгі және жас шөгінділерінің ысырынды конустарында орналасқан. Бұл – ғылыми, мәдени, қаржылық және өндірістік орталық [5].

Қаланың негізі 1854 жылы әскери бекініс ретінде қаланған. Бастапқыда Верный, кейіннен Алма-Ата, ал қазіргі уақытта Алматы деп аталады. 1936...1997 жж. аралығында қала Республиканың астанасы болып саналса, бұл мәртебе Нұр-Сұлтан қаласына ауысқаннан кейін «Қазақстанның оңтүстік астанасы» бейресми атауын иеленді. Тұрғындар санының артуы қала аумағындағы су тұтыну мөлшері мен ағындының аумақтық үлестірілуінің өзгеруіне тікелей әсер етеді. Сәйкесінше, кеңейген қала шекарасына енетін өзен алаптарының антропогендік әсерге ұшырау аудандары артып келеді. Қазіргі уақытта Кіші Алматы, Үлкен Алматы, Қарғалы, Ақсай және Талғар (алатау ықшам ауданы – Цыганка өзені) өзендерінің бассейніндегі өзен жүйелері антропогендік ықпалға ұшырауда [5].

Алматы қаласы оңтүстіктен солтүстікке қарай біртіндеп төмендейтін ысырынды конусында орналасқан. Қаланың орташа биіктігі 800 м БЖ. Алматыдан оңтүстікке және оңтүстік-шығысқа қарай қатты қиылмалы төбелі тау бөктері басталады, ол жоғарылай келе Іле Алатауы жотасына ауысады. Қаланың оңтүстік бөлігін-

дегі жаңа құрылыс аудандары тау бөктерінде орналасқан.

Зерттеу аумағының климатына тән белгілер континенталдылық, оның сипаттамаларының жергілікті жердің биіктігі бойынша өзгеруі және шептік үдерістердің едәуір шиеленісуі болып табылады. Жаз мезгілі – жылы, ал аласа таулы және тау алды жазық аймақтарға ыстық жаз тән; қысы – жұмсақ, жылымық пен салқындау ауысып жүреді; ауа температурасының ауытқуының үлкен тәуліктік және жылдық амплитудасы, ауаның едәуір құрғауы байқалады; тауға көтерілген сайын атмосфераның мөлдірлігі және күн радиациясы артады [5].

Алматы қаласы аумағынан ағып өтетін өзендер ағындысын Іле Алатауының солтүстік беткейінде қалыптастырады, ол Қазақстан Республикасының айтарлықтай ылғалданған аймақтарының бірі болып саналады. Өзен желісі жақсы дамыған, [2] мәліметі бойынша, өзен желісінің орташа тығыздығы  $0,8...1,0$  км/км<sup>2</sup>, ал жазықтық жерде  $0,3$  км/км<sup>2</sup> құрайды. Қала аумағындағы өзендердің барлығы Балқаш көлінің бассейніне енеді.

Кіші Алматы өзені бастауын 3200 м биіктікте, құрамына Тұйықсу енетін мұздықтар тобынан алады. Өзеннің таудан шығар тұсына дейінгі су жинау алабының ауданы 118 км<sup>2</sup>, ал Қапшағай су қоймасына құяр тұсындағы жалпы ауданы, [6] деректері бойынша – 710 км<sup>2</sup>, [3] мәліметтері бойынша 1242,3 км<sup>2</sup> құрайды.

Жалпы ұзына бойы өзен 20-ға жуық салаларды қабылдайды, олардың көпшілігі таулы бөлікке тән. Салаларының ішінде анағұрлым маңызға ие: Сарысай, Күйгенсай, Кімасап, Беделбай, Қазаққызы, Бұтақ және т.б. [1, 2, 6].

Үлкен Алматы өзені – Іле өзенінің бірінші реттік, Қаскелен өзенінің екінші реттік саласы. Ол – Алматы қаласының ең суы мол және үлкен маңызға ие өзені. Бастауын теңіз деңгейінен 4000 м биіктіктегі мұздықтардан алып, Қаскелен өзеніне құяды. Өзеннің жалпы ұзындығы 96 км құрайды. Үлкен Алматы өзені Кіші Алматы өзенімен салыстырғанда 30 км-ге қысқа болғанымен, оның сулылығы соңғысынан 2 есе мол. Су жинау алабының таудан шығар тұстағы орташа өлшемделген биіктігі 3000 м құрайды, бастауындағы ең биік белгілері 4200...4300 м жетеді [7]. Өзеннің жоғарғы жағында айтарлықтай мұз басу аудандары шоғырланған.

Өзен бойымен жоғары қарай 14-шақырымда

таулардан шығар тұстағы өзен арнасында Үлкен Алматы (Жасыл Көл) көлі жатыр. Көл 2516 м биіктікте орналасқан, жағалау сызығының ұзындығы шамамен 4 км құрайды.

Үлкен Алматы өзеніне 30-дан астам салалары құяды. Ең маңыздыларының қатарына Проходная, Күмбел, Терісбұтақ, Қызылкүнгеі және Серкебұлақ жатады.

Қарғалы өзені – Іле өзенінің үшінші реттік, Қаскелен өзенінің екінші реттік, Ақсай өзенінің үшінші реттік саласы (Ақсай өзенінің сағасының оңтүстік-шығысында 4 км тұсында жоғалып кетеді) болып табылады. Өзен өзінің бастауын Іле Алатауы жотасының бүйірлік сілемінен, шамамен 3600 м абс. биіктікте алады. Аталған сілем Қарғалы өзенінің бассейнін Үлкен Алматы өзені бассейнінен бөліп тұрады. Өзеннің жалпы ұзындығы 57 км, ал су жинау алабының ауданы 98,0 км<sup>2</sup> құрайды. Қала аумағында Қарғалы өзенінің ұзындығы 15,6 км жетеді.

Аталған өзен ұзындығы 10 км-ден қысқа 15 саланы және Ақсай өзенінің ағындысының бір бөлігін Қарғалы өзеніне тастайтын Сапожниково каналын қабылдайды. Каналдың ұзындығы – 10,9 км.

Ақсай өзені – Іле өзенінің бірінші реттік, Қаскелен өзенінің екінші реттік саласы. Өзен өзінің бастауын Іле Алатауы жотасының бүйірлік сілемінен, шамамен 3300 м абс. биіктікте алады. Ақсай өзенінің жалпы ұзындығы 70 км, ал су жинау алабының ауданы 566,0 км<sup>2</sup> құрайды. Қаскелен өзеніне, сағасына 40 км жетпей, құяды. Өзен ұзындығы 10 км-ден кем 33 саланы қабылдайды. Қала аумағын өзен оның батыс бөлігінде кесіп өтеді, ал қала шекарасынан «Алтын Орда» базары тұсында шығады.

Қала аумағынан өтетін барлық негізгі өзендер Үлкен Алматы каналының трассасын кесіп өтеді. Қосымша таза сумен қоректендіру, араластыру мен өздігінен тазалану процестерін күшейту арқылы канал аталған өзендерге жағымды экологиялық әсерін тигізеді.

Осылайша, Алматы қаласы аумағындағы гидрографиялық желі жақсы дамыған.

## **ҒЫЛЫМИ ЗЕРТТЕУ ӘДІСНАМАСЫ**

Карта-сызба – қандай да бір күрделі географиялық мәліметтерді анық, функционалды және анағұрлым түсінікті әдіспен көрсететін, құрылым элементтерінің жеңілдетілген және

жалпыланған суретінен тұратын карта. Карта-сызба географиялық инфографиканың графикалық құралы болып табылады.

Уақыт өте келе өзеннің су жинау алаптарының беткі бөлігі табиғи себептерге байланысты және адамның шаруашылық іс-әрекетінің ықпалынан өзгерістерге ұшырайды. Осыған байланысты, топографиялық және басқа да карталар көмегімен анықталған су нысандары мен су жинау алаптарының морфометриялық сипаттамалары да өзгереді. Морфометриялық сипаттамалар салыстырмалы тұрақты және динамикалық болып жіктеледі. Тұрақты сипаттамаларға келесілер жатады: су жинау алабының ауданы, оның орташа биіктігі, беткейлерінің орташа еңістігі, ағынсыз облыстарының ауданы. Бұлардан бөлек морфометриялық сипаттамаларды динамикалық типке жатқызған дұрыс [5].

Су нысандарының және су жинау алаптарының морфометриялық сипаттамаларын жаңартуды су нысандарында немесе олардың су жинау алаптарының өзінде өзгерістер орын алып, ол гидрологиялық есептеулердің дәлділігіне әсер ете бастағанда жүргізген жөн. Тексеру мен жаңартуды су нысанының бір мезгілде барлық морфометриялық сипаттамаларына жүргізу қажет. Морфометриялық сипаттамалар тек карталар арқылы емес, сондай-ақ аэроғарыштық суреттер немесе далалық гидрографиялық зерттеулердің нәтижелері бойынша да нақтылана алады.

Гидрографиялық ақпарат картасынан алынатын дәлділік, ең алдымен, картаның жасалған масштабына байланысты болады. Пайдаланылатын картаның масштабы ірі болған сайын, соғұрлым карта бойынша анықталатын морфометриялық сипаттамалардың дәлділігі де жоғарылайды.

Жергілікті жердің нысандары мен бедерлерінің топографиялық карта бетінде орналасуының орташа қателіктері қолданыстағы нормативтер бойынша 0,5 мм-ден аспайды, ал таулы, биік таулы және шөлді аймақтарда – 0,75 мм, сәйкесінше бұл келесідей қатынаспен беріледі: 1:10 000 масштабында – 5 және 7,5 м; 1:25 000 масштабында – 12 және 19 м; 1:50 000 масштабында – 25 және 38 м; 1:100 000 масштабында – 50 және 75 м. Пайдаланылған карталар жергілікті жердің барлық элементтерінің, соның ішінде: су нысандарының, олардың су жинау алаптарының ағымдағы жағдайын көрсетуі ке-



рек. Жергілікті жерде түсірілім жасалған жыл туралы мәлімет топографиялық картаның әрбір парағында көрсетіледі.

Өзендер мен су ағындарының ұзындықтары су жинау алабының және басқа да алқаптардың аудандары, өзендердің бастауы мен сағасының орналасқан жерлері анықталған топографиялық материалдар (карталар, суреттер) бойынша өлшенді. Өзеннің ұзындығы ретінде картадағы бейнесінің бастауы мен сағасы арасындағы созылықлығы алынды. Сәйкес ГАЖ бағдарламасын қолдану қажетті аспап көмегімен берілген сызықтық объектінің сипаттамасын автоматты түрде анықтауға мүмкіндік береді. Есептеу барысында өлшеуді 2...3 рет қайталауды қажет етпейді, себебі өлшеу автоматты түрде жүргізіледі – бірмәнді, әрі қатесіз.

Алматы қаласының әртүрлі кезеңдердегі гидрографиялық желісін сипаттайтын сандық карталарын жасауда су нысандарының морфометриялық сипаттамаларын нақтылаудың жайлылығы үшін Пулково-1942 (СК-42) бірыңғай геодезиялық координаталар жүйесі мен Гаусс-Крюгер көлденең-цилиндрлік проекциясы қолданылды. Қала аумағындағы су нысандарының морфометриялық сипаттамаларын анықтау үшін картометриялық жұмыстар векторлық сандық карта негізінде жүргізілді.

Топографиялық карталар жалпы мемлекеттік карталар болып табылады. Олар РМҚК Ұлттық картографо-геодезиялық фондтың жасақтаған ережелерімен, нұсқаулықтарымен және шартты белгілерімен қатаң сәйкес түрде жасалынады. Заманауи ірі масштабты топографиялық карталар проекцияның, барлық құрылым элементтері суреттерінің жоғары дәлділігінің, аумақтың тұтас жамылғысының есебінен айтарлықтай бұрмаланудың болмауымен сипатталады, сондықтан оларды гидрологиялық мақсаттарда картометриялық жұмыстарды жүргізу үшін негіз ретінде пайдалануға болады.

Қала аумағының әртүрлі кезеңдердегі гидрографиялық желісіне баға беру мақсатында 1860, 1880, 1917, 1941, 1981 және 2015 жылдар үшін сандық топографиялық карталары тұрғызылды. 1860 жылы Верное бекінісі қала ретінде таныла қоймады, алайда, ондағы тұрғындардың саны 5000-ға жетіп, су тұтыну мөлшері айтарлықтай артқан болатын.

1880 жылға дейін Верное бекінісі қала болып түрленіп, оңтүстік-батыс бағытта біршама

кеңейді. Алғашқы қалалық ғимараттар қазіргі Райымбек даңғылының бойында бой көтеріп, тұрғындардың саны 18000-нан асты [5]. 1887 жылы болған қуатты жер сілкінісі мен 1921 жылы жүріп өткен сел тасқыны оқиғаларының аралығындағы қаланың гидрографиялық желісінің жағдайын бағалау үшін 1917 жыл үшін жасалған кесте-сызба негіз ретінде алынды. 1941 жылға дейін қала аумағында Түрксіб теміржол құрылысы жүргізілді, аудандастыру жүзеге асырылды, сондай-ақ, Үлкен Алматы станицасы қала шекарасына енді. Қала аумағы, негізінен, солтүстік (Алматы – 1 бекеті) және батыс бөліктерге қарай кеңейіп, Кіші Алматы өзенінен су алу мөлшері артты. XX ғасырдың ортасынан бастап, Алматы қаласының гидрографиялық желісі жаңа жасанды су нысандарымен толығы бастады. Бұл өзгерістерді көрсету мақсатында қаланың 1881 жыл үшін тұрғызылған кесте-сызбасы пайдаланылды. Аталған төрт кезеңді сипаттау үшін [9] дереккөзінің картографиялық материалы алынды. Заманауи гидрографиялық желіні нақтылау үшін қаланың жаңа шекарасы көрсетілген, 2015 жылы тұрғызылған 1:25 000 масштабтағы кесте-сызбасы таңдалды.

Ол үшін 2015 жылы жасалған, қаланың жаңа шекараларымен 1:25 000 масштабтағы Алматы қаласының картасы (кесте-сызба), 1860...1981 жж. аралығында қала аумағының ұлғаюын көрсететін карта және ArcGIS 10.4.1. бағдарламалық қамтамасыздандыруына орнатылған, ГАЖ үшін ақпараттық фон ретінде пайдаланылатын, негізгі топографиялық карта қолданылды. Бұл сандық карталар 1-суретте көрсетілген.

Қазіргі заманғы Алматының алғашқы негізі болып 1854 жылы Кіші Алматы өзенінің оң жағалауында, екі керуен жолының қиылысында тұрғызылған Заилийское (Верное) қамалы табылады. Керуен жолдарының бірі Ташкентке апаратын болған және уақыт өте келе Ташкент саяжолы (қазіргі Райымбек даңғылы) деп атала бастаған, ал келесісі қытайлық Құлжа қаласына дейін созылғандықтан Құлжа даңғыл жолы деп аталып кеткен. Жақын маңда Іле өзеніне, одан өткеннен кейін Қапал мен Семей қалаларына апаратын үшінші жол болған және кезінде оны Қапал даңғыл жолы деп атаған. Қазір бұл жол Сүйінбай даңғылының бір бөлігі болып табылады.



a)



b)



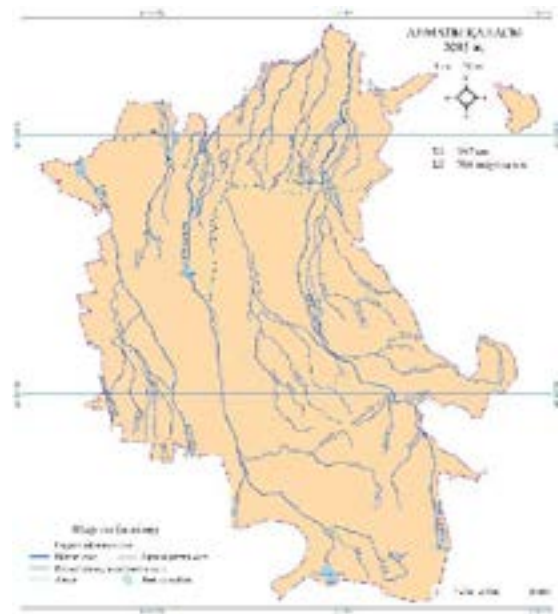
c)



d)



e)



f)

Сур. 1. Қала аумағының әртүрлі кезеңдердегі сандық топографиялық карталары.

Бекіністің негізі қаланғанынан небәрі екі жыл өткеннен кейін, 1856 жылы, қамалдың батыс дуалы бойымен алғашқы тұрғын алқабы – Үлкен Алматы станицасы қалыптасты. Ол Кіші Алматы өзенінің сол жақ жағалауымен (Орталық мәдениет және демалыс саябағынан Баянауыл көшесіне дейін), Мақатаев көшесімен, Пушкин көшесінің төменгі бөлігімен және Сүйінбай даңғылымен шектелді.

Верное бекінісінің негізі қаланғаннан кейін салынған екінші аудан – Татарка. Ол қамалдың шығысында 1860 жылы пайда болды. Ауданның нақты шекараларын анықтау қиын, алайда ол зообақтан төмен аумақта Жарбұлақ өзені (бұрын Казачка деп аталған) мен Добролюбов көшелерінен басталып, ары қарай Көктебе тауына және төмен қарай Талғар даңғыл жолына дейін созылып жатыр деп есептеу қабылданған.

Малая станица ауданы 1870-жылдардың соңында пайда болған және қала шегіне 1962 жылға дейін кірмеген. Оның шекаралары деп қазіргі уақытта Кіші Алматы өзенінің Жарбұлақ өзеніне дейінгі оң жағалауын, Добролюбов көшесін және Рысқұлов даңғылын санауға болады [4].

1.a суретіне сәйкес, Верный қамалы тұрғызылғаннан кейін, 1860 жылы оның аумағы солтүстігінде Рысқұлов даңғылымен, оңтүстігінде Мәметова көшесімен, батысында қазіргі Назарбаев көшесімен, ал шығысында Жарбұлақ өзенінің сол жағалауымен шектелген және ауданы, шамамен, 3 км<sup>2</sup> құраған (ГАЖ бойынша). 1860 жылы қала аумағын Кіші Алматы өзені кесіп өткен, оның ұзындығы 2,31 км болған.

1880 жылы қала аумағының ауданы (сандық карта дерегі бойынша) 12,6 км<sup>2</sup> дейін ұлғайып, гидрографиялық желісінің құрамына аумақтың негізгі су артерияларының бірі – Кіші Алматы (ұзындығы 2,70 км құрады), сондай-ақ, Жарбұлақ (Солоновка саласымен) және Ботбайсай (Широкая Щель) өзендері енген болатын. Қаланың батыс шекарасы Сейфуллин даңғылына дейін, ал оңтүстігінде Қабанбай батыр көшесіне дейін кеңейген. 1.b суреті бойынша Алматы қаласы шығыс шегінде Ботбайсай өзенімен шектеліп, өзеннің қала аумағымен өтетін ұзындығы 2,06 км құрады. ГАЖ арқылы анықталған мәліметтер бойынша, 1880 жылы Алматы қаласы аумағының гидрографиялық желісінің жалпы ұзындығы 9,60 км-ге тең болған.

1.c суреттегі карта бойынша, Алматы қала-

сының алып жатқан аумағының ұлғаюына байланысты (ауданы 21,2 км<sup>2</sup> құрады) жоғарыда келтірілген су нысандарынан бөлек, гидрографиялық желісі Есентай (Весновка) өзенімен толықты. Кіші Алматы өзенінің ұзындығы 6,13 км құрады. Қала аумағының батыс шекарасы Есентай өзенімен сәйкес келген. Ал оңтүстік бағыттағы ең шеткі нүктесі Тимирязев көшесіне дейін жеткен болатын.

Есентай өзені Кіші Алматы өзенінің сол жақ тармағы болып табылады, оның ағындысы Бұтақ өзені сағасынан төмен орналасқан шатқалдан ысырынды конусқа шығар тұстағы бөгетпен басқарылады. Қала шегінен шыққаннан кейін Есентай өзені Өтеген Батыр ауылы тұсында Кіші Алматы өзенімен қайта бірігеді. Бөгет мұздықтардың еруі кезінде және қатты нөсер кезінде жағалаудан шығып, су тасқынына алып келген Кіші Алматы өзенінің еріген суларын бұруды жүзеге асырды. Сонымен қатар, Есентай өзеніне ағындының бір бөлігін тастау қала құрылысының басында және оның біртіндеп өсуі барысында Кіші Алматы өзенінде салынған көптеген көпірлер мен диірмендерді су басудан және бұзылудан қорғауға көмектесті.

1959 жылы шағын бөгеттің орнына жаңа инженерлік имараттар салынып, сол арқылы «Қазселденқорғау» ММ қызметкерлерінің қазіргі уақытта өзендердегі су ағысының бағыты мен деңгейін реттеуге мүмкіндігі бар. Сондай-ақ, кеңесті кезеңде «Весновская система каналов» жүйесі – Іле Алатауының етегінде орналасқан 3,5 мың гектарға жуық алма бақтарын суару үшін пайдаланылған суару инженерлік имараттарының арнайы желісі жұмыс істеді.

1941 жыл үшін тұрғызылған топографиялық карта 1.d картасы бойынша, гидрографиялық желінің құрамын Мойка (0,58 км) және Султанка (2,84 км) өзендері толықтырған. Қала аумағынан ағып өтетін Кіші Алматы өзенінің ұзындығы өзгеріске ұшырамаған, ал Есентай өзені 4,40 км-ге дейін ұзарған. Қала шекарасының ең солтүстік нүктесі Бекмаханов көшесіне сәйкес келсе, батыс шекарасы Розыбакиев көшесіне дейін кеңейген. 1941 жылы Алматы қаласының алып жатқан ауданы ГАЖ есептеулері бойынша 45,3 км<sup>2</sup> құрады.

1.e суреті бойынша, Алматы қаласының гидрографиялық желісіне келесідей сипаттама беруге болады: қала аумағының ұлғаюына байланысты (ГАЖ бойынша ауданы 180 км<sup>2</sup>

кұрады) жоғарыда келтірілген су нысандарынан бөлек, гидрографиялық желісі келесі өзендермен толықты: Керенкұлақ (Поганка), Терісбұлақ, Бұтақ, Қарасу, Теренқара, Үлкен Алматы және Боралдай өзендері. Мұндағы негізгі су көздері болып табылатын Кіші және Үлкен Алматы өзендерінің ұзындықтары, сәйкесінше, 27,5 км және 10,1 км құрады.

Қала аумағының гидрографиялық желісінің құраушыларына жасанды су қоймалары мен каналдар қосыла бастады. Аталған өзендермен қатар, Алматы қаласының картасында 1971 жылы Сайран көлі жасанды су қоймасы пайда болды. Су қойманың орнында өткен ғасырдың 60-жылдары құрылыс материалдары алынатын карьер орналасқан болатын. Үлкен Алматы өзенінің арнасына дамба орнату арқылы осы карьер суға толтырылып, жасанды су қоймасы салынды. Кейіннен аталған су нысанына абаттандыру жұмыстары жүргізілді. Сонымен қатар, Алма-тинское (Аэропортовское) су қоймасы, Мәдениет және Демалыс паркінің тоғандары, ҚазӨАС балық тәлімбағы сияқты су нысандары қала аумағының гидрографиялық желісінің құрамына енген болатын.

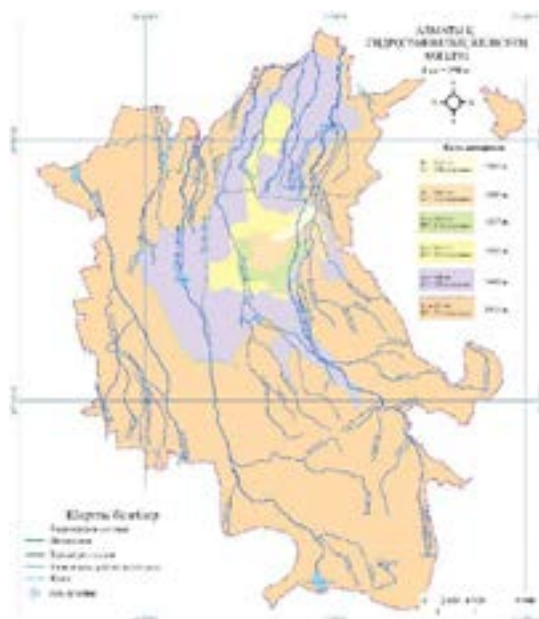
ГАЗ арқылы гидрографиялық желіге қаланың жаңа шекараларын есепке ала отырып баға берілді. Ол үшін Алматы қаласының 2015 жыл үшін топографиялық сандық картасы тұрғызылып (сурет 1.f), бағдарламаның көмегімен өзендердің ұзындықтары және қала аумағының ауданы өлшенді. Сандық карта деректері бойын-

ша Алматы қаласының ауданы 704 км<sup>2</sup> құрайды. Жаңа шекараларға сәйкес гидрографиялық желі құрамына Ақсай және Қарғалы өзендері салаларымен бірге еніп, қала аумағындағы негізгі өзендер саны төртке жетті: Кіші Алматы (52,5 км), Үлкен Алматы (39,1 км), Қарғалы (21,5 км) және Ақсай (3,46 км) өзендері.

1.f суретте көрініп тұрғандай, қала аумағының гидрографиялық желісін Үлкен Алматы көлі мен Тұйықсу көлі, Есентай каналы, БеНТ тоғандары толықтырды. Сонымен қатар, XIX ғасырдың соңында Бартоғай шатқалында су қоймасын салып, оның суын канал арқылы Алматы облысы бойынша жүргізу жоспарлана бастаған болатын. Казгипроводхоз институтының осы мақсатта 1963 жылы жасаған жобасы 10 жылдан кейін бекітіліп, Үлкен Алматы каналының құрылысы 1982 жылы басталды. Тек Алматы қаласы емес, жалпы Қазақстан үшін үлкен маңызға ие бұл гидротехникалық имарат 1980-жылдардың соңына қарай толықтай пайдалануға берілген болатын.

## АЛЫНҒАН НЕГІЗГІ НӘТИЖЕЛЕР

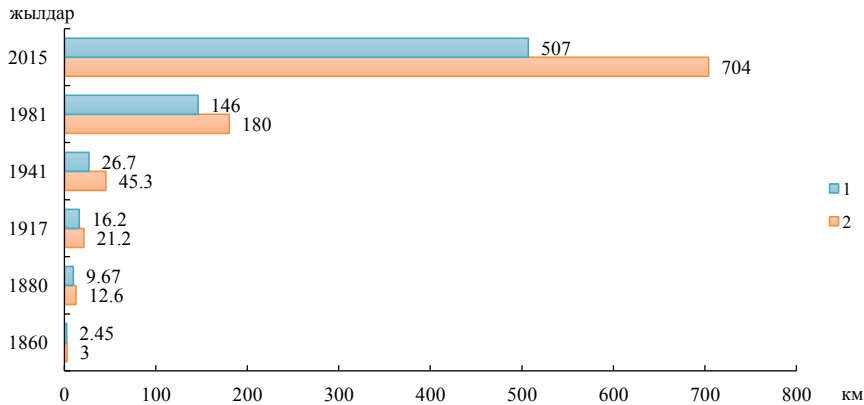
Гидрографиялық желінің өзгеруін және өзен алаптарына бағытталған антропогендік жүктеменің өзгеру динамикасын бағалау үшін Алматы қ. аумағының кезең-кезеңімен ұлғаю картасы жасалды. Ол үшін Алматы қаласының заманауи картасына қала аумағының түрлі жылдардағы шекараларының кескіні түсірілген (сурет 2).



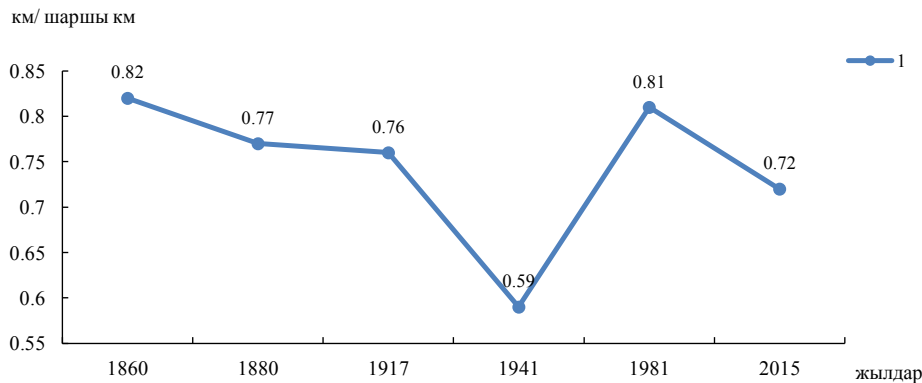
Сур. 2. Алматы қ. қалыптасқан кезеңінен 2015 жылғы шекарасына дейінгі аумағының трансформациясы.

3-суреттегі диаграммадан су жинау алаптарының аудандары мен өзендердің ұзындықтарының жиынтық мәндерінің ұлғаюы ұқсас серпінмен жүргендігін байқауға болады, яғни, 1860 жылы ауданы – 3 км<sup>2</sup>, ұзындығы – 2,45 км; сәйкесінше, 1880 жылы – 12,6 км<sup>2</sup> және 9,67 км; 1917 жылы – 21,2 км<sup>2</sup> және 16,2 км; 1941 жылы – 45,3 км<sup>2</sup> және 26,7 км; 1981 жылы – 180 км<sup>2</sup> және 146 км; 2015 жылы – 704 км<sup>2</sup> және 507 км.

1880 жылға дейін (20 жыл ішінде) қаланың су жинау алабының ауданы 76 %, ал өзендердің жиынтық ұзындығы 75 %-ға ұлғайған; 1917 жылы (37 жыл), сәйкесінше: 41 % және 40 %; 1941 жылы (24 жыл): 53 % және 39 %; 1981 жылы (40 жыл): 75 % және 82 %; 2015 жылы (34 жыл): 74 % және 71 %.



**Сур. 3.** Алматы қ. аумағындағы өзендердің созылықтылығы мен су жинау алаптарының аудандарының динамикасы. 1 – өзендердің жиынтық ұзындықтары, 2 – су жинау алаптарының аудандары..



**Сур. 4.** Алматы қ. әртүрлі кезең үшін гидрографиялық желісінің тығыздығы. 1 – өзен желісінің жиілігі..

Алынған сандық мәліметтер арқылы аумақтың әртүрлі кезең үшін гидрографиялық желісінің тығыздығы (өзен жиілігі, км/км<sup>2</sup>) есептелді. Нәтижесі 4-суреттегі график түрінде ұсынылды.

Жоғарыда келтірілген сызбаларда қаланың гидрографиялық желісінің динамикасының күрт өсуі, негізінен, 1981 жылғы кезеңге сәйкес келеді. Бұны аталған кезеңде қаланың ауданы 75 %-ға, ал өзендердің жиынтық ұзындықтарының 82 %-ға артуымен, сондай-ақ, аумақтың гидрографиясы бірқатар өзендер (Кереңкүлак, Терісбұлақ, Бұтақ, Қарасу, Тереңқара, Үлкен Алматы және Боралдай) мен жасанды су объектілерімен (Сайран су қоймасы, Алматинское

(Аэропортовское) су қоймасы, Мәдениет және Демалыс паркінің тоғандары, ҚазӨАС балық тәлімбағы) толығымен түсіндіріледі.

### ҚОРЫТЫНДЫ

Антропогендік фактордың пайда болуы Алматы қаласының гидрографиялық желісінің өзгеруіне әкеліп соқты. Өзендердің ағындысын қалыптандыру мақсатында, олардың арналарын бетондау және габион қондырғыларын орнату жұмыстары жүргізілді.

Антропогендік фактордың әсер етуінің бастапқы сатысы су нысандарына жайылмалық жерлерді жырту, су жинау алаптарының

аумағындағы ормандарды отау арқылы жанама әсер етуімен сипатталды. Келесі сатысы қауіпті гидрологиялық құбылыстардан қорғану мақсатында қорғаныс имараттарын тұрғызу және жаңа су нысандарын (орлар) қалыптастыру; «жайсыз» су нысандарын «құбырға» толтыру (қала аумағының шегіндегі батпақты жерлер, ұсақ жылғалар); ауыл шаруашылығы алқаптарын суару мақсатында каналдар мен арықтар салу және басқаларына байланысты су нысандарына тікелей ықпал етуімен ерекшеленді. Заманауи сатыда қалалық аймақтың су нысандарына антропогендік әсер ету кешенді болып табылады. Ол су жинау алабымен; аумақтың абаттандырылуы салдарынан су нысандарының түрленуімен; өзендер мен жылғаларды толтырумен және арналаумен; ағындыны реттеумен; су нысандарының табиғи гидрохимиялық құрамына ықпал етумен байланысты.

Жүргізілген жұмыстар нәтижесі қаланың жаңа шекараларымен тұрғызылған қазіргі уақыттағы гидрографиялық желісінің карта-сызбасы түрінде көрсетіледі. Алматы қаласының гидрографиялық желісінің антропогендік факторлардың әсерінен өзгеруі тұрғындардың тұрмыс-тіршілігін жақсарту мақсатында орын алады.

### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Вилесов Е.П., Уваров В.Е. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в XX веке. – Алматы: Казак университет, 2001. – 252 с.
2. Жандаев М.Ж. Геоморфология Заилийского Алатау и проблемы формирования речных долин. – Алма-Ата: Наука, 1972. – 162 с.
3. Калачев Н.С., Лаврентьева Л.Д. Водно-энергетический кадастр рек Казахской ССР. – АлмаАта: Наука, 1965. – 707 с.
4. Павленко Д. Неформальные районы Алматы: С чего начинался город // URL: <https://krisha.kz/content/articles/2018/neformal-nye-rayony-almaty-s-chego-nachinalsya-gorod> (дата обращения 19.11.2021)
5. Реки мегаполиса Алматы: монография / А.Г. Чигринец, К.К. Дускаев, Л.П. Мазур и др.; под ред. А.Г. Чигринец, К.К. Дускаева, Л.П. Мазур. – Алматы: Қазақ университеті, 2021. – 310 с.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Бассейн оз. Бал-

хаш. – Л.: Гидрометеоздат, 1967. – Т. 13. – Вып. 2. – 304 с.

7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Бассейн оз. Балхаш. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – Т. 13, вып. 2. – 643 с.

8. Тұрсынғали М.Н. Алматы қаласының гидрографиялық желісінің трансформациясы // Материалы международной научной конференции студентов и молодых ученых «ФАРАБИ ӘЛЕМІ». – Алматы, 2020. – С. 81.

9. Шибутов М.М. Зачем расширяют границы Алматы? // URL: [https://vlast.kz/avtory/zachem\\_rasshirjajut\\_granicy\\_almaty-6431.html](https://vlast.kz/avtory/zachem_rasshirjajut_granicy_almaty-6431.html) (дата обращения 19.11.2021)

### REFERENCES

1. Vilesov E.P., Uvarov V.E. Evolyutsiya sovremennogo oledeneniya Zailiiskogo Alatau v XX veke. – Алматы: Kazak universitet, 2001. – 252 s.
2. Zhandaev M.Zh. Geomorfologiya Zailiiskogo Alatau i problemy formirovaniya rechnykh dolin. - Alma-Ata: Nauka, 1972. - 162 s.
3. Kalachev N.S., Lavrent'eva L.D. Vodno-energeticheskii kadastr rek Kazakhskoi SSR. – AlmaAta: Nauka, 1965. – 707 s.
4. Pavlenko D. Neformal'nye raiony Almaty: S chego nachinalsya gorod // URL: <https://krisha.kz/content/articles/2018/neformal-nye-rayony-almaty-s-chego-nachinalsya-gorod> (data obrashcheniya 19.11.2021)
5. Reki megapolisa Almaty: monografiya / A.G. Chigrinets, K.K. Duskaev, L.P. Mazur i dr.; pod red. A.G. Chigrinets, K.K. Duskaeva, L.P. Mazur. – Алматы: Kazak universiteti, 2021. – 310 s.
6. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Gidrologicheskaya izuchennost'. Bassein oz. Balkhash. L.: Gidrometeoizdat, 1967. – Т. 13. – Vyp. 2. – 304 s.
7. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Bassein oz. Balkhash. – Л.: Gidrometeoizdat, 1970. – Т. 13, vyp. 2. – 643 s.
8. Tursyngali M.N. Almaty kalasynyn gidrografiya-lyk zhelisinin transformatsiyasy // Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh «FARABI ALEMI». – Алматы, 2020. – S. 81.
9. Shibusov M.M. Zachem rasshiryayut granitsy Almaty? // URL: [https://vlast.kz/avtory/zachem\\_rasshirjajut\\_granicy\\_almaty-6431.html](https://vlast.kz/avtory/zachem_rasshirjajut_granicy_almaty-6431.html) (data obrashcheniya 19.11.2021)

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ ГОРОДА АЛМАТЫ ПОД АНТРОПОГЕННЫМ ВЛИЯНИЕМ

**К.К. Дускаев**<sup>1</sup> к.т.н., **А.Г. Чигринец**<sup>1</sup> к.г.н., **М.Н. Тұрсынғали**<sup>1</sup>, **С.Т. Ахметова**<sup>1</sup>,  
**А.К. Мусина**<sup>1</sup> к.г.н.

*<sup>1</sup>Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан  
E-mail: kduskaev@gmail.com, ch.al.georg@mail.ru, tursyngali.marzhan@gmail.com*

В статье оценивается трансформация гидрографической сети урбанизированной территорий с помощью цифровых карт, на примере города Алматы. На основе план-схем за 1960, 1980, 1917, 1941 и 1981 годы, были составлены карты города. С целью уточнить текущее состояние современной гидрографической сети, оцифрованная карта за 2015 год была выбрана как основа. С помощью этого были рассчитаны суммарная длина водотоков и площади водосборного бассейна, плотность гидрографической сети, также оценена их динамика за указанные периоды. Описываются искусственные водные объекты, которые со временем появились на территории города. Учтено включение в состав элементов гидрографической сети искусственных водных объектов и влияние антропогенного фактора на природные водные объекты. Результаты исследования могут быть широко использованы при организации мероприятий по водоснабжению территории и минимизации влияния вредной хозяйственной деятельности на водные объекты

**Ключевые слова:** гидрографическая сеть, урбанизированная территория, антропогенный фактор, современные границы, цифровая карта, план-схема, трансформация, ArcGIS

## TRANSFORMATION OF THE HYDROGRAPHIC NETWORK OF ALMATY DUE TO ANTHROPOGENIC INFLUENCE

**K.K. Duskaev**<sup>1</sup> Candidate of Technical Sciences, **A.G. Chigrinets**<sup>1</sup> Candidate of Geographical Sciences,  
**M.N. Tursyngali**<sup>1</sup>, **S.T. Akhmetova**<sup>1</sup>, **A.K. Mussina**<sup>1</sup> Candidate of Geographical Sciences

*<sup>1</sup>al-Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan  
E-mail: kduskaev@gmail.com, ch.al.georg@mail.ru, tursyngali.marzhan@gmail.com*

The article evaluates the transformation of the hydrographic network of urbanized territories using digital maps, on the example of the city of Almaty. Based on the plan-schemes for 1960, 1980, 1917, 1941 and 1981, maps of the city were compiled. To clarify the current state of the modern hydrographic network, the digitized map for 2015 was chosen as the basis. With the help of this, the total length of watercourses and the catchment area, the density of the hydrographic network were calculated, and their dynamics for the specified periods were also estimated. Artificial water bodies that eventually appeared on the territory of the city are described. The inclusion of artificial water bodies in the elements of the hydrographic network and the influence of the anthropogenic factor on natural water bodies are considered. The results of the study can be widely used in organizing measures for the water supply of the territory and minimizing the impact of harmful economic activity on water bodies.

**Keywords:** hydrographic network, urbanized territory, anthropogenic factor, modern borders, digital map, schematic plan, transformation, ArcGIS

UDC 551. 509. 324

**CHANGE IN SURFACE AIR TEMPERATURE REGIME AND ITS POTENTIAL IMPACT ON THE CONDITIONS OF TAKE-OFF AND LANDING OF AIRCRAFT IN GANJA-GAZAKH REGION**

**M.F. Suleymanov<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>National Aviation Academy, Teacher of "Aviation Meteorology" Chair, Baku, Azerbaijan Republic  
E-mail: mahmud-suleymanov@mail.ru*

The article analyzes changes in surface air temperature regime in the Ganja-Gazakh region using the relevant temperature data for 1961...2014 on the example of Agstafa, Dashkasan, Shamkir, Gadabay, Ganja, and Goygol-resort meteorological stations. Assumptions are made about the influence of the found changes in the temperature regime on the conditions of take-off and landing of aircraft in the Ganja-Gazakh region.

**Keywords:** air temperature, statistical analysis, seasonal changes, Ganja-Gazakh region, airline flights, take-off running distance, take-off speed, fuel consumption

Поступила 26.10.21

DOI: 10.54668/2789-6323-2021-103-4-48-52

---

**INTRODUCTION**

During the descent and climbing stages of aircraft, their speed and take-off distance depend on the physical characteristics of the atmosphere, especially on the air temperature. Increasing the temperature of the air requires increased speed at the departure of aircraft. Change of take-off speed causes the aircraft to change the running and the take-off distance. More favorable conditions for speeding up the aircraft are observed mainly in low-temperature levels in the tropopause and low stratosphere. The air temperature diminishes when the air temperature changes, which results in a decrease in engine power, increase the speed of the engine, and, respectively, increase running distance. So, increasing the temperature by 100 °C causes the take-off distance to be increased by 7...13 % [5, 1]. Calculations show that the change in air temperature by 300 °C (e.g. from winter to summer or vice versa) results in hourly fuel consumption of up to 5...6%, lowering of air to 50 °C, maximizing the maximum speed by 1%. At a standard elevation of 11 km, the maximum velocity of the boom increases as compared to the zero level due to the decrease in temperature in the standard atmosphere

[2]. The maximum speed decreases with increasing temperature. The maximum vertical speeds of the aircraft primarily depend on the engine's current thrust. Temperature mode also affects the engine's force, as it affects the maximum vertical speed. The temperature incrementing above the standard temperature leads to a decrease in maximum vertical speed. The standard vertical speed of the aircraft shrinks by 10...20 % when relative air temperature increases by about 100 °C relative to the standard atmosphere [1]. Accordingly, civilian airline flights are operated at optimum speeds of high altitudes. From this point of view, the study of the observed temperature regime is becoming even more urgent, given that international flights are being explored. The time-spatial distribution of the temperature indices of the area is mainly carried out in time intervals, such as the seasons, months, and days of the year, in large, medium, or small areas. It is more appropriate to analyze the space templates characteristics of the temperature indices at constant date intervals, and intervals were selected for the calendar months and year as the time interval to evaluate the time-space variability of the thermal regime of the investigated area. For this purpose, the analysis of the long-term dynamics



of temperature indices has been carried out using the evaluation of observations on the temperature of 1961...2014 in meteorological stations Agstafa, Dashkasan, Shamkir, Gadabay, Ganja, and Goygol-resort located in the study area.

### MATERIALS AND METHODS

The trends of average annual rate of air temperature for 1961...2014 are shown in the figure 1. From the trends in the graphs, it is clear that in the area where the research is being conducted, average annual temperature increases are observed. Increasing the temperature of the area both on months and in seasons leads to an increase in fuel consumption on aviation flights. Another important challenge to modern climate studies is to determine the average annual or

normative values of climate values, including air temperature. The solution to this problem is important because there are trends in the dynamics of meteorological sequences due to climate change, and there are serious difficulties in selecting the optimal length of the period for calculating average value. Thus, the calculated average or normal evaluation should remain statistically stable beyond the limits of the chosen period. It is impossible to predict such relative stability for any calculation period. Taking these into consideration, the average statistical period for the 1961...1990 period, as recommended by the World Meteorological Organization, is also used in our country as well as in many countries. Using this method, it is possible to make comparative analysis of climate change results for different regions of the world.

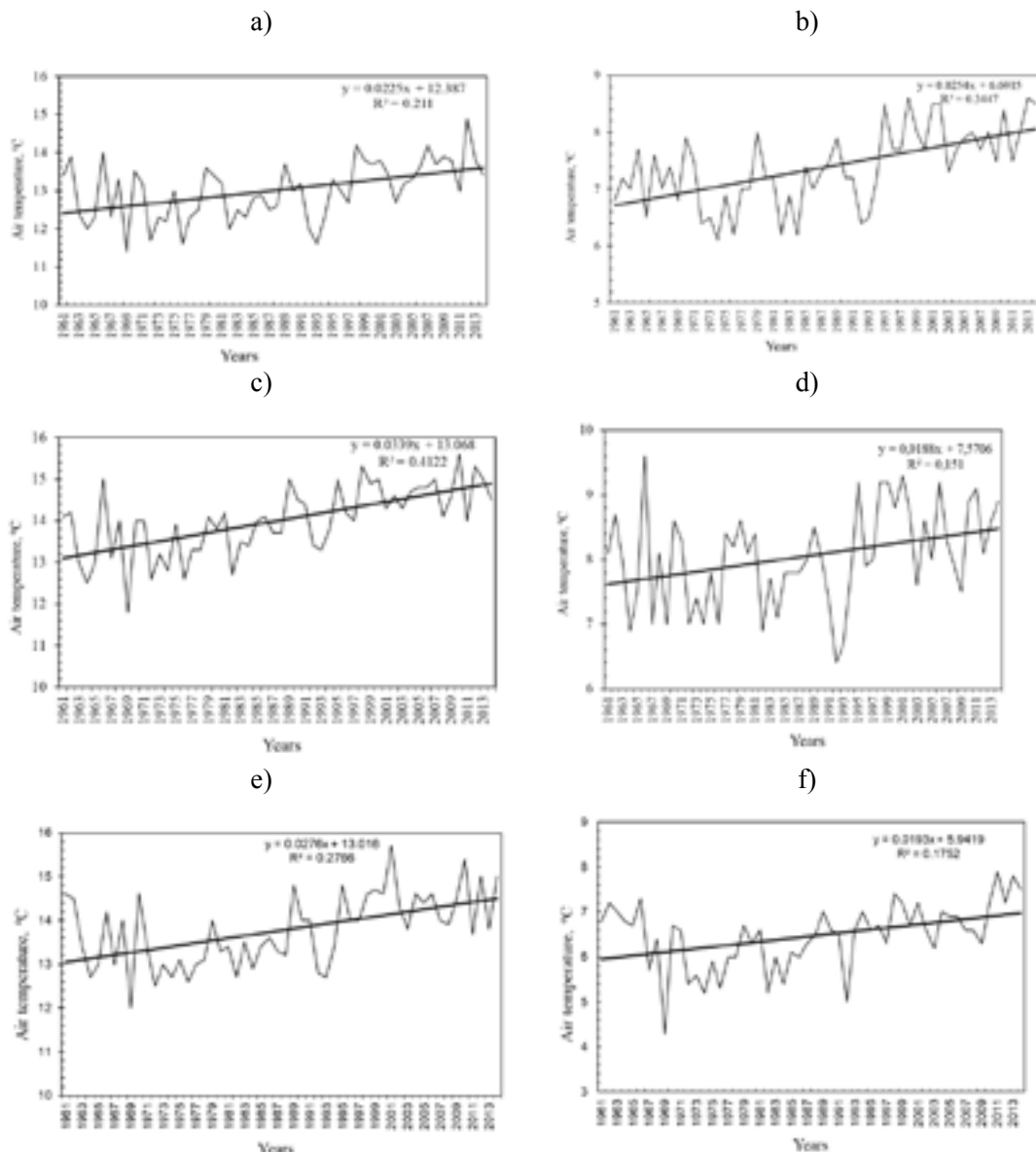


Fig. 1. Time series of the mean annual air temperature (0C) for the period 1961...2014 in meteorological stations: a) Agstafa; b) Dashkasa; c) Shamkir; d) Gadabay; e) Ganja; f) Goygol-resort.

When compared with the norm (1961...1990), a substantial increase was observed in the study of the average (Table 1).

When compared to Table 1, the highest increase in the average air temperature was observed at Dashkesen, Shamkir, Ganja stations 0.9 °C,

Aghstafa, 0.7 °C at Goygol-resort, and at least at Gedebey station 0.5 °C. Increasing the average air temperature in the area is shown for months as well (Table 2) [4]. In the research, anomalies were also examined for months, in addition to the average annual temperature in terms of the norm.

Table 1

Comparison of the long-term annual air temperature for 1991...2014 and norms for 1961...1990 (°C)

Stations	Years		Difference
	1961...1990 (norm)	1991...2014	
Agstafa	12.7	13.4	0.7
Dashkasan	7.0	7.9	0.9
Shamkir	13.6	14.5	0.9
Gadabay	7.8	8.3	0.5
Ganja	13.4	14.3	0.9
Goygol-resort	6.2	6.9	0.7

Table 2

Changes in the long-term monthly air temperature for 1991...2014 relative to norms of 1961...1990 (°C)

Stations	Months												Annual
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Agstafa	0.9	1.1	1.1	0.4	0.1	0.9	0.4	0.9	0.6	1.4	0.1	0	0.7
Dashkasan	1.1	0.7	1.4	0.7	0.8	1.3	0.6	1.1	0.5	1.5	0.1	0.8	0.9
Shamkir	1.0	0.8	1.5	0.8	0.7	1.3	0.9	1.7	1.0	1.7	0.2	0.3	0.9
Gadabay	0	0	0.9	0	0.3	0.9	0.2	1.6	1.0	1.5	-0.3	-0.1	0.5
Ganja	1.4	1.0	1.0	0.1	0.2	1.3	0.9	1.6	1.0	1.7	0.7	0.2	0.9
Goygol-resort	0.8	0.8	1.5	1.0	0.5	0.9	0.4	1.3	0.6	0.7	0.1	0.2	0.7

As mentioned on the Table 2, there are no changes in Agstafa and Gadabay territory during several months. However, the change is observed in each hydrometeorological stations. Thus, in December in Agstafa and in January and February in Gadabay anomaly is equal to zero. Except for November and December in Gadabay, the value of changes was positive in the study area [1]. Given the effect of the maximum and minimum amount of the temperature on aviation flights, each one has been analyzed individually [3]. The value rate of air temperature can cause a sharp decrease in density, which in turn increases the running distance on the runway. But in minimum evaluation it can lead to increase of ice build-up events and reduce braking effect on the runway [1]. Accordingly, the absolute maximum temperature in the area in July is about Agstafa 41 °C, Dashkasan 34 °C, Shamkir 39 °C,

Gadabay 35 °C, Ganja 41°C and Goygol -30 °C. Absolute minimum temperatures were observed in Agstafa -26 °C, Dashkasan -24 °C, Shamkir -17 °C, Gadabay -25 °C, Ganja -180C in January and -24 °C in Goygol-resort in January [3]. The seasonal changes in air temperature indications for the study area are clearly shown in Table 3.

It is clear from the table that global warming has also influenced to season changes. The results of the statistical analyzes show that the average air temperature is higher than norm, in each stations of studied region. Increase of the average air temperature in the winter months were observed in the winter season at 0.9 °C in Ganja, 1.0 °C in Goygol-resort, 1.2 °C in Shamkir in the summer, and 0.9 °C in Dashkasan, Shamkir and Ganja hydrometeorological stations in the autumn. In general, the winter is 0.6 °C in the winter, 0.7 °C in

summer, 1.0 °C in summer, and 0.8 °C in the fall [4]. As you can see, the high amount of changes coincides with the summer season. These temperature changes will naturally not be neglected on aviation flights. This trend will lead to increase of fuel consumption

and increase the running distance on the runway. Therefore, construction of new airports in the area to be explored in the future should be carried out in more adequate areas. Specifically, the length of the runways should be taken into account.

Table 3

Distribution of the long-term seasonal air temperature for the period of 1961...1990 (norms) and 1991...2014 (°C)

Hydrometeorological stations	Years and differences	Winter	Summer	Spring	Autumn	Annual
Agstafa	1961...1990	1.9	11.9	23.5	13.5	12.7
	1991...2014	2.5	12.4	24.3	14.2	13.4
	change	+0.6	+0.5	+0.8	+0.7	+0.7
Dashkasan	1961...1990	-1.5	5.6	15.7	8.2	7.0
	1991...2014	-0.7	6.5	16.8	8.9	7.9
	change	+0.8	+0.9	+1.1	+0.7	+0.9
Shamkir	1961...1990	3.1	12.6	24.1	14.4	13.6
	1991...2014	3.8	13.5	25.3	15.4	14.5
	change	+0.7	+0.9	+1.2	+1.0	+0.9
Gadabay	1961...1990	-1.0	6.8	16.6	9.0	7.8
	1991...2014	-1.0	7.2	17.5	9.7	8.3
	change	0	+0.4	+0.9	+0.7	+0.5
Ganja	1961...1990	3.0	12.4	23.9	14.0	13.4
	1991...2014	3.9	12.8	25.1	15.2	14.3
	change	+0.9	+0.4	+1.2	+1.2	+0.9
Goygol-resort	1961...1990	-2.6	5.0	14.8	7.4	6.2
	1991...2014	-2.0	6.0	15.6	7.8	6.9
	change	+0.6	1.0	+0.8	+0.4	+0.7

## RESULTS

During 1991...2014, the surface air temperature at all stations located in the study area increased compared to the multi-year norm (1961...1990). This increase was 0.7 °C in Agstafa, 0.9 °C in Dashkasan, 0.9 °C in Shamkir, 0.5 °C in Gadabay, in Ganja 0.9 °C, in Göyğol-resort 0.7 °C. In general, the temperature increase for the years of research in the region was 0.77 °C. The analysis of the distribution of temperature change in Ganja-Gazakh region by seasons showed that it is positive

in winter was 0.6 °C, in spring 0.68, in summer 1.0 °C, in autumn 0.78 °C. The results show that the increase in temperature due to climate changes is most often observed in the summer months. An increase in air temperature leads to a sharp drop in air density, which in turn leads to an increase in the flight distance of aircraft. In this case and taking into account the current trend, we recommend that the horizontal length of the runway of future airports in the region be 0.3...0.5 km larger than the existing runway.

REFERENCES

1. *Guliyev H.I.* Aviation meteorology. - Baku, 2013, NAA. - 231 p.
2. *Guliyev H.I., Huseynov N. Sh.* The lectures on "Aviation meteorology". – Baku, 2004. – 80 p.
3. *Huseynov N.Sh., Malikov B.M., Hajiyevev A. Kh., Mammadoav H.V.* Evaluation of air temperature regime in the International airports of Azerbaijan Republic. – Baku, 2013, NAA, №2.
4. *Mahmudov R.N.* Modern climatic changes and dangerous hidrometeorological events. – Baku, 2018, NAA. – 231 p.
5. *Pashayev A.M., Sultanov V.Z., Huseynov N. Sh., Nabiyevev R.N.* Climate features of Ganja aeroport. – Baku, 2003. – 110 p.

**ЖЕР БЕТІНДЕГІ АУА ТЕМПЕРАТУРАСЫНЫҢ ӨЗГЕРУІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ГАНДЖА-ГАЗАХ АЙМАҒЫНДАҒЫ ҰШАҚТАРДЫҢ ҰШУ ЖӘНЕ ҚОНУ ЖАҒДАЙЛАРЫНА ӘСЕР ЕТУІ**

**М.Ф. Сулейманов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ұлттық авиация академиясы, Баку қ., Әзірбайжан Республикасы  
E-mail: mahmud-suleymanov@mail.ru

Мақалада Агстафа, Дашкесан, Шамкир, Кедабек, Гянджа және Гейгель курортының метеорологиялық станциялары мысалында 1961-2014 жылдардағы тиісті температуралық деректерді қолдана отырып, Гянджа-Газах ауданындағы ауаның жер бетіндегі температуралық режимінің өзгерістері талданды. Анықталған температуралық режим өзгерістерінің Гянджа-Газах ауданындағы ұшақтардың ұшу және қону жағдайларына әсері туралы болжамдар жасалды.

**Түйін сөздер:** ауа температурасы, статистикалық талдау, маусымдық өзгерістер, Гянджа-Газах ауданы, авиакомпаниялардың рейстері, ұшу қашықтығы, ұшу жылдамдығы, отын шығыны

**ИЗМЕНЕНИЕ РЕЖИМА ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТНОГО ВОЗДУХА И ЕЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА УСЛОВИЯ ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ САМОЛЕТОВ В ГАНДЖА-ГАЗАХСКОМ РЕГИОНЕ**

**М.Ф. Сулейманов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Национальная авиационная академия, г. Баку, Азербайджанская Республика  
E-mail: mahmud-suleymanov@mail.ru

В статье анализируются изменения приземного температурного режима воздуха в Гянджа-Газахском районе с использованием соответствующих температурных данных за 1961...2014 гг. на примере метеорологических станций Агстафа, Дашкесан, Шамкир, Кедабек, Гянджа и Гейгель-курорт. Сделаны предположения о влиянии обнаруженных изменений температурного режима на условия взлета и посадки самолетов в Гянджа-Газахском районе.

**Ключевые слова:** температура воздуха, статистический анализ, сезонные изменения, Гянджа-Газахский район, рейсы авиакомпаний, взлетная дистанция, взлетная скорость, расход топлива

УДК 551.506.2:551.509.51

**СТИХИЙНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ, НАБЛЮДАВШИЕСЯ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА В 2020 ГОДУ****С.А. Долгих<sup>1</sup> к.г.н., Ж.К. Исабекова<sup>2</sup>, И.В. Веревкина<sup>2</sup>, С.Е. Ибраев<sup>2</sup>, Е.Н. Муканов<sup>2</sup>, И.М. Амирова<sup>2</sup>, Н.И. Ивкина<sup>1</sup> к.г.н., Е.И. Васенина<sup>1</sup>, Е.Ю. Смирнова<sup>1</sup>, Б.Т. Жездибаева<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*РГП Казгидромет, г. Алматы, Казахстан**E-mail: dolgikh\_s@meteo.kz*<sup>2</sup>*РГП Казгидромет, г. Нур-Султан, Казахстан*

Представлен обзор краткого описания погоды, сведения о стихийных метеорологических явлениях, краткая характеристика синоптических процессов, обусловивших их возникновение на территории Казахстана в 2020 году. Также представлены обзоры стихийных гидрологических и агрометеорологических условий, наблюдавшихся на рассматриваемой территории в 2020 г. и обзор состояния водной поверхности Северного и Среднего Каспия.

**Ключевые слова:** климатическая норма, синоптический процесс, стихийные метеорологические явления, гидрологические явления, агрометеорологические условия, равнинная территория, Северный Каспий, территория Казахстана

Поступила 14.06.21

DOI:10.54668/2789-6323-2021-103-4-53-86

**ВВЕДЕНИЕ**

Национальная гидрометеорологическая служба Казахстана РГП «Казгидромет» ведет постоянный мониторинг состояния погоды, гидрометеорологических и агрометеорологических условий на территории Республики Казахстан, а также состояния водной поверхности Северного и Среднего Каспия. В обзоре представлена информация о состоянии погоды, гидрометеорологических и агрометеорологических условиях, описание синоптических процессов, обусловивших возникновение стихийных метеорологических явлений и состояние водной поверхности Каспийского моря в 2020 году (январь-декабрь) на территории Республики Казахстан. Для подготовки обзора о состоянии погоды использованы данные 209 метеорологических станций Республиканского гидрометеорологического фонда РГП «Казгидромет». Климатические нормы переменных рассчитывались согласно рекомендациям ВМО, как среднее многолетнее значение за период 1981...2010 гг. Аномалии температуры воздуха определены как отклонения наблюден-

ного значения от нормы; аномалии количества осадков рассматривались в долях (процентах) от нормы.

**Краткий обзор погоды по территории Казахстана за 2020 год.** В 2020 г. средняя за год температура воздуха была выше климатической нормы на 1...3 °С на большей части республики, около нормы – на юге и юго-востоке, в центре страны, в Приаралье, на юге Костанайской и юго-западе Восточно-Казахстанской областей (рис. 1). По данным 39 метеостанций, 2020 год стал самым теплым годом за период с 1936 г. В среднем для территории Акмолинской, Актюбинской, Костанайской, Павлодарской и Северо-Казахстанской областей год был рекордно теплым. Для Восточно-Казахстанской и Западно-Казахстанской областей 2020 год вошел в число 5 % экстремально теплых лет.

В 2020 году осадков выпало около нормы на большей части страны, выше нормы в некоторых северных, центральных и восточных регионах Казахстана, максимум на 30...79 % (рис. 2). В южной половине Казахстана наблюдался дефицит осадков, в основном, в пределах 20...40 %,

местами было экстремально сухо и дефицит составил более 50 и даже 65 %. В западных областях (Западно-Казахстанской, Атырауской, Мангистауской, западной части Актюбинской) дефицит осадков составил около 20...50 %.

Были установлены новые рекорды миниму-

ма годовой суммы осадков: на МС Мойынқум в Жамбылской области выпало всего 95,6 мм (предыдущий минимум составлял 96,3 мм в 1995 г.) и на МС Уюк, где выпало 84,4 мм осадков, тогда как предыдущий минимум составлял 100,4 мм (2013 г.).



Рис. 1. Географическое распределение средних годовых аномалий температуры воздуха (°C) на территории Казахстана в 2020 г., рассчитанных относительно климатической нормы за период 1981...2010 гг.

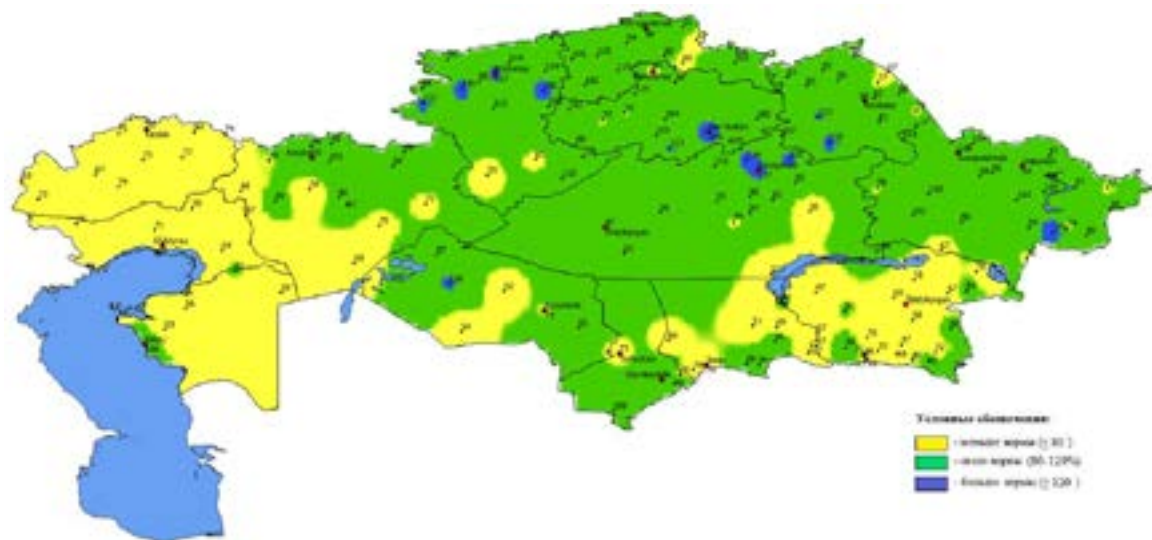


Рис. 2. Географическое распределение годового количества осадков по территории Казахстана в 2020 г. (% нормы за базовый период 1981...2010 гг.).

**Зима 2019/2020 гг.** была экстремально теплой практически на всей территории Казахстана – аномалии, в основном, превышали 5...6 °C, а на западе, севере и востоке – даже 7 °C, аномалии сезонной температуры в этих регионах вошли в 5 % самых значительных, в том числе на 62 метеостанциях такие высокие сезонные температуры отмечались впервые за период с 1936 г. Январь, февраль месяцы были преимущественно теплыми с избыточным количеством осадков, поскольку большую часть сезона над

территорией республики преобладал вынос теплых воздушных масс с районов Ирана и Средиземного моря, а в приземном слое в основном наблюдалась циклоническая деятельность. Декабрь 2020 г. был экстремально холодным и с дефицитом осадков.

**Весной**, как и в зимний период, аномалии сезонной температуры воздуха были положительными и на большей части территории Казахстана экстремально высокими. Самые значительные аномалии, около 5...6 °C, наблюдались

в западных районах Северо-Казахстанской и Акмолинской областей, в Павлодарской области и местами в Восточно-Казахстанской области. На 46 метеостанциях зафиксированы рекордно высокие сезонные температуры за период с 1936 г. Только в апреле месяце погода была прохладнее в западной части Казахстана, что было связано с влиянием ложбины циклона, ориентированной с районов Карского моря. На многих станциях Казахстана, за исключением станций западного региона и предгорных станций южного региона страны, отмечались экстремально высокие температуры.

В весенний период количество осадков, превышающее норму более чем на 20 %, наблюдалось на ограниченной части территории Казахстана: на севере Костанайской области, где в некоторых районах их количество составило более 200 % нормы; в некоторых районах Северо-Казахстанской области (максимум около 150 % нормы), Кызылординской области (максимум около 230 % нормы на МС Казалинск за счет нескольких сильных дождей в апреле), Алматинской области (максимум 125 % нормы). Дефицит осадков, местами существенный, ощущали некоторые западные, юго-западные регионы (осадки менее 60 % нормы), и большая часть восточной половины Казахстана, где местами количество осадков составляло менее 30...40 % нормы, и даже менее.

Летом погода была умеренно теплой, в западной половине территории Казахстана аномалии превышали 1 °С и даже 2,0 °С в крайних западных районах. В начале лета прохладнее было на севере и северо-западе республики, в конце лета – на западе страны, что было связано с углублением ложбины высотного циклона с центром над Восточной Сибирью.

Наименьшее количество осадков отмечалось в начале лета, в июле-августе практически на всей территории Казахстана наблюдались умеренные дожди, связанные с активной циклонической деятельностью, осадков выпало около нормы и выше нормы в 1,3...3,4 раза. В августе в отдельные дни имели место сильные ливни на севере и западе страны. Так, в районе города Актау (Мангистауская область) 6 августа за 6 часов выпало 66 мм осадков, что в 11 раз больше месячной нормы.

В первые два месяца **осени** температура воздуха на большей части республики была око-

ло климатической нормы, погода в ноябре была экстремально холодной, за счет частого вторжения холодных воздушных масс с районов Восточной Сибири. Обильных осадков практически не наблюдалось, за исключением отдельных районов Казахстана.

Температура воздуха **осеннего сезона** была выше нормы более чем на 1 °С в крайних районах запада, севера и северо-востока Казахстана, максимальные значения аномалии составляли 1,5...2,0 °С. Отрицательные аномалии более 1 °С зафиксированы в южной половине Карагандинской области, на территории Туркестанской, Жамбылской и Алматинской областей, максимальные значения отрицательной аномалии составили более 2 °С. Осенью значительная часть территории Казахстана испытывала дефицит осадков, за исключением некоторых районов в северном Казахстане, где количество осадков было на 20...30 % выше нормы. В южной половине Казахстана количество осадков составляло, в основном, менее 60...40 % нормы, в западных регионах и восточнее Аральского моря количество осадков составляло местами менее 30 %.

Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0 °С весной 2020 года на территории Казахстана отмечался:

- в конце января – во второй декаде февраля на юго-западе;
- в феврале на юге;
- в феврале – в середине марта на юго-востоке;
- в конце февраля – в начале марта на западе;
- во второй декаде марта – в первой декаде апреля на северо-западе и в центре;
- в конце марта – в начале апреля на севере и востоке страны.

Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 5 °С, означающий начало вегетационного периода, наблюдался:

- в конце февраля – в первой декаде марта на юго-западе и юге;
- в марте на западе, юго-востоке, в центре;
- в первой половине апреля на северо-западе, севере, востоке Казахстана.

**Январь** был экстремально теплым с количеством осадков в пределах нормы на большей части Казахстана.

Такая ситуация связана с тем, что на территории Казахстана большую часть месяца, осуществлялся западный перенос, который принес

теплые и влажные воздушные массы с районов Атлантики. В приземном слое наблюдалась активная циклоническая деятельность и частое прохождение атмосферных фронтов, что и обусловило на большей части республики выпадение обильных осадков. Наибольшее влияние этой деятельности проявилось на северо-востоке и в центре страны, серия глубоких циклонов принесли крайне неблагоприятную погоду: отмечались частые и сильные снегопады с метелями, которые имели продолжительность 12...25 ч, с ухудшением видимости до 50 м, усилением ветра до 30...35 м/с (Акмолинская область на метеостанциях: Ерейментау, Коргалжин, Степногорск, Бурабай; Карагандинская область на метеостанциях: Осакаровка, Кызылтау, Жана-Арка, Восточно-Казахстанская область: МС Карауыл). В столице страны Нур-Султан и на МС Акколь подобного обилия январского снега не наблюдалось более 50 лет.

На севере Казахстана норма среднемесячной температуры воздуха превышена на 4...7 °С, а на юге страны – на 2...4 °С. На 10 метеостанциях были зафиксированы новые максимумы средней месячной температуры воздуха.

Количество осадков январе месяце составило около нормы на большей части республики, больше нормы в 1,3...3,3 раза – в северо-восточной половине Казахстана, в отдельных районах запада, центра и юга страны, меньше нормы – местами в северо-западной, юго-восточной и центральной части Казахстана.

**Февраль** был также экстремально теплым, с количеством осадков значительно выше нормы на большей части страны.

В течение месяца смещение теплых воздушных масс с районов Атлантики способствовало интенсивному повышению температурного фона практически на всей территории страны, так самый теплый день был зафиксирован в г. Павлодар, максимальная температура воздуха 08 февраля, достигла отметки +5,3 °С, это было рекордное значение за весь период метеонаблюдения на данной станции. Однако, в отдельные дни месяца с влиянием холодного антициклона ночные температуры воздуха опускались в северных, центральных и восточных регионах до минус 22...30 °С, на западе и юго-востоке до минус 15...22 °С, на юге до минус 13 °С. Частое прохождение фронтальных разделов обусловило ухудшение погодных условий: осадки со-

провождались туманами (08...09 февраля на МС Талды-Тасты в Акмолинской области наблюдался сильный туман, продолжительностью более 15 ч, с видимостью 50 м), сильными метелями, усилением ветра до 15...20 м/с, с порывами 30...33 м/с и гололедными явлениями. Сильный снегопад прошел в Алматы. На проводах налип снег до 30 мм в диаметре, под тяжестью которого они рвались, увлекая за собой на землю мачты электропередач и деревья.

На всей территории Казахстана среднемесячная температура воздуха была выше нормы на 4...8 °С. Более чем на 40 метеорологических станциях зарегистрированы рекорды максимальных значений среднемесячной температуры воздуха.

Количество осадков за месяц составило больше нормы в 1,3...2,9 раз на большей части республики, на 10 метеостанциях были установлены рекорды месячных сумм осадков. Осадков около и меньше нормы выпало на юго-западе, местами на северо-западе, в центре, на востоке, юге и юго-востоке страны.

**Март** был также экстремально теплым с количеством осадков меньше нормы на большей части республики.

В течение месяца над большей частью территории Казахстана преобладал антициклональный тип погоды, а также высотный гребень тепла на высоте, что способствовало формированию положительных аномалий температуры воздуха, а также выпадению осадков меньше нормы. Однако, в отдельные дни, влияние ложбин циклонов с районов Таймыра и Атлантики и связанных с ними атмосферных фронтальных разделов способствовало выпадению осадков больше нормы (06 марта в горных и предгорных районах Алматинской области на МС оз.Улкен Алматы, МС Алматы, МС Шымбулак, МС Каменское плато выпало 16, 19, 23 и 29 мм соответственно), усилению ураганного ветра (в Туркестанской области до 31 м/с), образованию туманов и гололедных явлений (местами в западных, северных и восточных регионах республики).

На всей территории республики средняя месячная температура воздуха была выше нормы на 1...8 °С. Наиболее значительные положительные аномалии отмечены на севере и в западных областях. На более чем 20 метеостанциях были установлены рекордно высокие значения сред-



ней месячной температуры воздуха.

На большей части территории Казахстана количество выпавших за месяц осадков было ниже 40 % нормы, и даже менее. Экстремально сухо было на юге, в центральных регионах, а также в Акмолинской и Павлодарской областях. Новые минимумы месячного количества осадков были отмечены на более чем 20-ти метеостанциях. Осадки выше нормы в 1,3...2,0 раза наблюдались местами на северо-западе, юго-западе, в горных и предгорных районах юго-восточной части республики.

В **апреле** на большей части территории температура воздуха была выше нормы, количество осадков около нормы.

В течение месяца частый вынос теплых воздушных масс с районов Средней Азии способствовал формированию положительной аномалии на большей части республики, а на западе под влиянием ложбины циклона наблюдалась умеренно прохладная погода. В период 02...07 апреля с выходом Южно-Каспийского циклона местами наблюдались сильные осадки – на М Шымкент (Туркестанская область) выпало 32 мм. В период 13...14 апреля с обострением фронтальных разделов наблюдались осадки, местами сильные на М Каменское Плато (Алматинская область) – 47 мм. 07 апреля на большей части Северо-Казахстанской, Акмолинской областей в результате формирования градиентной зоны усиливался ветер до критериев стихийного гидрометеорологического явления 30...39 м/с.

Экстремально высокие температуры наблюдались в северных регионах, в центральной части, на востоке и юго-востоке страны, аномалии средней месячной температуры воздуха здесь превышали 4...6 °С. На более чем 20-ти метеостанциях были установлены рекордные значения средней месячной температуры воздуха. Значения в пределах нормы наблюдались на западе республики, ниже нормы на более чем 1 °С – на крайнем западе республики.

Превышение месячной нормы количества осадков в 1,3...5 раз отмечено на большей части страны. На некоторых метеостанциях зафиксированы новые максимумы месячного количества осадков. Осадков около нормы выпало в юго-восточной половине Казахстана, местами на западе и в отдельных районах севера страны. Дефицит осадков наблюдался местами в западных регионах (Западно-Казахстанская и Аты-

рауская области), на востоке и северо-востоке. Экстремально сухо было в Павлодарской и Восточно-Казахстанской областях.

**Май** был экстремально теплым и засушливым, осадков выпало меньше нормы на большей части Казахстана.

В течение месяца на территорию Казахстана осуществлялся интенсивный вынос теплых воздушных масс с районов Ирана и Средней Азии, что способствовало аномально жаркой погоде, в северных регионах среднемесячные температуры воздуха даже перекрыли рекордные значения за всю историю метеонаблюдений. Например, в период 24...26 мая в северных регионах дневные температуры воздуха повышались до +36...37 °С, 30 мая в Мангистауской области днем температура воздуха достигла отметки +43...45 °С. Однако, в середине первой декады, с вторжением холодного антициклона в северных, центральных, восточных и юго-восточных регионах наблюдались заморозки до минус 5 °С. В середине месяца в южных, юго-восточных и восточных регионах с прохождением атмосферных фронтов прошли дожди, местами очень сильные 32...65 мм.

На всей территории Казахстана средняя месячная температура была выше нормы. В северной половине Казахстана было экстремально тепло – аномалии составили 3...6 °С. (Западно-Казахстанская область). На более чем 60 метеостанциях были установлены рекордные значения средней месячной температуры воздуха. Значения около нормы отмечались только на западе.

Распределение месячного количества осадков было неравномерным. На востоке, северо-востоке и юго-востоке страны осадков выпало в основном менее 60 % нормы. Экстремально сухо было местами в Акмолинской, Павлодарской и Восточно-Казахстанской областях. Осадки в пределах нормы выпали на западе страны, в центральной ее части и в Жамбылской области. Количество осадков больше нормы наблюдалось в Костанайской, Кызылординской и Туркестанской областях, здесь местами выпало экстремальное количество осадков, превышающее норму в 1,5...2,5 раза.

В **июне** на большей части республики под влиянием высотной ложбины циклона, наблюдалась прохладная погода, за исключением юго-западных регионов, где преобладала жар-

кая погода без осадков, что было связано с влиянием высотного гребня над данной территорией.

В первой декаде на большую часть страны оказывал влияние высотный гребень антициклона, он обусловил жаркую погоду с малым количеством осадков. Затем, во второй декаде, углубление высотной ложбины циклона, центр которого располагался в районе Северной Земли, обусловило отрицательную аномалию температуры воздуха и неустойчивый характер погоды на севере и северо-западе Казахстана. Лишь в западной части страны высотный гребень антициклона способствовал формированию положительной аномалии (1...4 °С). В приземном слое с частым влиянием циклонов и связанных с ними фронтальных разделов на западе, северо-востоке и востоке республики наблюдались осадки, превысившие норму в 1,2...2,6 раза.

Среднемесячные температуры ниже нормы преобладали в северном, центральном и восточном Казахстане. В Северо-Казахстанской, Костанайской и Акмолинской областях отрицательные аномалии составили 1...2 °С, и даже более. Положительные аномалии температуры воздуха преобладали на западе страны, где превышали 3...4 °С, а также в Кызылординской и Туркестанской областях.

На большей части страны осадков за месяц выпало меньше 80 % нормы. В южных регионах и Мангистауской области было в основном экстремально сухо, где на 14 метеостанциях в течение месяца осадков не наблюдалось, а на шести метеостанциях были обновлены рекорды минимального месячного количества осадков. Осадков около, больше нормы в 1,2...2,6 раза выпало местами на западе, севере, центре, востоке Казахстана.

**Июль** выдался жарким в западной половине Казахстана и с дефицитом осадков на большей части Казахстана, но дождливым в некоторых центральных и восточных регионах.

В июле погоду в западной половине республики определяла область повышенного давления и гребень тепла в средней тропосфере, а в восточной половине – область пониженного давления, с ложбиной высотного циклона на высоте с центром над Восточной Сибирью. Вследствие чего на большей части страны наблюдалась сухая и жаркая погода, а в северо-восточной части страны – прохладная и дождливая.

Так, например, в период 03...05 июля на севере республики прошли дожди, местами очень сильные (50...79 мм), на МС Балкашино (Акмолинская область) – 52 мм, на МС Сергеевка – 50 мм, на МС Смирново (Северо-Казахстанская область) – 79 мм. Высотный гребень тепла с западных регионов постепенно смещаясь в восточном направлении, охватил всю территорию республики. Это привело к значительному повышению температуры воздуха – на западе и юге страны до +40...43 °С, на севере и в центре до +34...37 °С. В конце месяца барическое поле постепенно перестроилось, и на территорию Казахстана начала углубляться высотная ложбина с северо-западными потоками, что способствовало снижению температуры воздуха. Серия циклонов обусловила выпадение обильных дождей, за сутки на многих метеостанциях выпало 15...35 мм, на МС Тобол (Костанайская область) – 61 мм. Также наблюдались грозовые явления и порывистый ветер 15...20 м/с.

Таким образом, практически на всей территории Республики наблюдалась положительная аномалия средней месячной температуры воздуха. Значительно превысившие норму температуры (на 1...3 °С) отмечены в основном на западе, а также на севере и юге страны. Небольшие отрицательные аномалии (не превышающие 1,0 °С) наблюдались лишь местами в Карагандинской, Восточно-Казахстанской и Алматинской областях.

Распределение месячных сумм осадков было неравномерным. Осадки менее 80 % нормы наблюдались на западе, юге и в некоторых районах северной части страны. Экстремально сухо, местами без осадков в течении всего месяца, наблюдалось в Западно-Казахстанской и Атырауской областях, а также местами в северной части страны. Около нормы осадков выпало на большей части востока, центра, местами на севере, северо-западе страны, больше нормы в 1,2...3,6 раза выпало местами в северо-восточной части, в отдельных районах северо-запада и юга республики.

В **августе** на большей части Казахстана температуры воздуха были около нормы, распределение количества осадков по территории было неравномерным.

В первой декаде августа высотная ложбина, которая определяла погоду в конце июля, сместилась на восток Казахстана, а на большую

часть республики осуществлялся вынос теплых воздушных масс с районов Ирана, вследствие чего на большей части республики наблюдалась жаркая и сухая погода. Хотя погода была относительно сухой, но отдельные сильные ливни на севере, западе и юго-западе страны имели место. Они были вызваны влиянием очередной ложбины, а с выходом Южного циклона на МС Актау за сутки выпало 66 мм, при норме 6 мм за месяц. Во второй декаде на территории республики произошло углубление высотной ложбины, на большей части Казахстана прошли дожди, местами сильные 15...46 мм, (12 августа на МС Кишкенеколь (Северо-Казахстанская область) – 43 мм, 16 августа на МС Костанай (Костанайская область) – 46 мм), отмечались гроза, град и усиление ветра. Неустойчивая погода на юго-востоке страны наблюдалась в конце месяца, наблюдался дождь, местами сильный 15...28 мм (в Алматинской области 27 августа на МС Жаланаш выпал очень сильный дождь 51 мм, на МС Улкен Алматы – 32 мм, на МС Мынжилки – 34 мм).

Таким образом, среднемесячная температура воздуха в августе была около нормы на большей части территории республики, выше нормы на 1...3 °С на севере, местами на северо-западе, в отдельных районах центра, востока и юго-востока Казахстана. Отрицательные аномалии (1...2°С) наблюдались на западе страны. Самая значительная отрицательная аномалия за месяц (2,4 °С) отмечена на МС Тушибек.

Распределение месячного количества осадков по территории республики было неравномерным. Осадки, превысившие месячную норму в 1,5...13 раз, наблюдались в некоторых районах севера, запада, юга, центра, в горных районах юго-востока. На МС Актау (Мангистауская область) и МС Шуылдак (Туркестанская область) были обновлены рекорды максимального месячного количества осадков (75,9 мм и 62,0 мм). Осадков меньше нормы выпало местами на севере, в центре, на юге и в юго-восточной части Казахстана, в отдельных районах количество осадков составило менее 20 %, либо осадки отсутствовали в течение всего месяца.

**Сентябрь** был прохладным, осадков выпало около нормы на большей части Казахстана, обильные дожди прошли на северо-востоке и западе, где местами выпало до 1,5...2,0 норм осадков. На востоке Казахстана шел снег.

В сентябре высотная ложбина распространилась на всю территорию Казахстана, а в приземном слое под влиянием холодного антициклона наблюдались заморозки, столбики термометров понижались в первой декаде на севере, во второй половине второй декады на востоке до минус 1...5 °С мороза, во второй половине третьей декады на северо-западе до 1...4 °С мороза, в центре и на юго-востоке до 1...11 °С мороза. В отдельные дни с обострением фронтальных разделов наблюдались осадки, местами сильные 26...45 мм. В конце месяца на периферии холодного антициклона и теплого циклона на МС Хантау (Жамбылская область) усиливался ветер до 30 м/с.

В сентябре на большей части территории Казахстана наблюдались отрицательные аномалии средней месячной температуры воздуха. В центральном Казахстане, на востоке и в южных регионах страны температуры были ниже нормы на 1...2 °С. В крайних западных и северных регионах Казахстана наблюдались незначительные положительные аномалии – менее 1 °С.

Количество осадков за сентябрь на севере страны, в восточной ее части, а также в некоторых регионах Западно-Казахстанской и Атырауской областей выпало, в основном, более 120 % нормы, местами 250...300 % нормы. В южной половине страны, а также в некоторых северных регионах и на западе осадков выпало, в основном, менее 80 % нормы, местами менее 20 %, в некоторых районах осадки отсутствовали.

**Октябрь** выдался умеренно теплым с количеством осадков меньше нормы на большей части Казахстана.

В первой декаде октября практически на всей территории республики наблюдалось резкое похолодание, что было связано с вторжением холодных воздушных масс с районов Арктических морей и полуострова Таймыр. Столбики термометров в ночное время опускались в северных, центральных и восточных регионах до минус 6,0 °С, в южных и юго-восточных – до минус 2 °С, в горных и предгорных районах востока, юго-востока выпал первый снег, высота снега составила 1...15 см, однако в середине месяца наступило, именуемое в народном календаре, «бабье лето». Температурный фон в дневное время составил в северной половине страны 19...21 °С тепла, в южной половине наблюдалась пол-летнему жаркая погода – до 25...27 °С. Но уже

в начале третьей декады прошла первая репетиция зимы – циклон с районов Скандинавии, перемещаясь по территории республики, привел к понижению температурного фона и выпадению снега. В северных регионах ночью температура воздуха понизилась до минус 12,0 °С, выпал снег. На востоке страны количество выпавших осадков превысило месячную климатическую норму, например, на МС Усть-Каменогорск выпало 68 мм, что в 1,7 раз выше нормы (норма 40 мм), на МС Семей выпало 32 мм при норме 21 мм, в 1,5 раза больше нормы.

Аномалия средней месячной температуры воздуха на большей части территории республики была в пределах  $\pm 1$  °С. Наиболее значительные отрицательные аномалии (1...2 °С) наблюдались в юго-восточной части Казахстана, на МС оз. Улкен Алматы в Алматинской области аномалия составила минус 2,2 °С. Температуры выше нормы на 1...1,5 °С отмечены в отдельных северных районах страны, на западе республики положительные аномалии превысили 2 °С (самая значительная положительная аномалия (2,9 °С) за месяц отмечалась на МС Джаныбек в Западно-Казахстанской области.

На большей части территории месяц закончился со значительным дефицитом осадков. В южной половине республики месячное количество осадков в основном составило менее 10 % нормы. На более чем 20-ти метеостанциях осадков не было в течение всего месяца. Количество осадков составило 120...170 % нормы на востоке и в некоторых северных областях.

В среднем за **ноябрь** месяц 2020 г. погода на территории Казахстана была холодной и, в основном, сухой.

В первой декаде ноября 2020 года, благодаря выносу теплых воздушных масс с районов Персидского залива, было очень тепло, в особенности в западной, северной и юго-восточной частях Казахстана. В этот период рекордно высокие температуры воздуха устанавливались на 11 метеостанциях северной и западной части страны. На МС Актау 5 ноября зарегистрирован новый абсолютный максимум температуры воздуха (+22,0 °С), предыдущий абсолютный максимум этого дня был отмечен в 2017 году (+16,1 °С). Во второй и третьей декаде с углублением высотной ложбины наблюдался заток холодных воздушных масс с районов арктических морей, а в приземном слое большую часть

ноября месяца наблюдался антициклональный тип погоды, что привело к значительному понижению температуры воздуха и сохранению экстремально холодной погоды на территории страны практически до конца месяца, во многих регионах на юго-западе, юге, юго востоке и в центре Казахстана, ночью столбики термометров опускались до отрицательных температур. На 8 метеостанциях зафиксированы рекордные температурные минимумы. Самая низкая температура воздуха (минус 23,9 °С) была зафиксирована на МС Уланбель 20 ноября, т.е. был обновлен предыдущий рекорд 2016 года (минус 14,4 °С). В период с 08 по 16 ноября, а на юге и юго-востоке республики до 18 ноября наблюдались осадки, местами сильные (15...49 мм), связанные с прохождением атмосферных фронтов и небольшое повышение температурного фона в этот же период.

В итоге на большей части территории Казахстана сформировались отрицательные аномалии среднемесячной температуры воздуха. В центральных районах отрицательные аномалии составили 2...4 °С, самые значительные аномалии – до минус 4...5 °С, отмечены в южных регионах. На МС Уюк в Жамбылской области температура опустилась ниже нормы на 5,5 °С. Положительные аномалии наблюдались в некоторых районах западной, северной и восточной части страны, но только в северных районах температуры превысили норму более чем на 1 °С. Самая значительная положительная аномалия (2,1 °С) наблюдалась на МС Возвышенка в Северо-Казахстанской области.

Большая часть территории Казахстана характеризуется дефицитом месячного количества осадков. В западной половине, в северных, южных и восточных регионах Казахстана количество осадков составляло, в основном, 40...70 % нормы, местами менее 30 % нормы; в восточных районах Республики местами было экстремально сухо – всего 10...20 % нормы осадков. Осадки около нормы (80...120 %) выпали в некоторых центральных, северо-восточных районах, и местами в других районах Казахстана. Осадки в количестве 120...140 %, местами 160...180 % нормы, наблюдались в основном в центральных, северо-восточных районах.

**Декабрь** месяц был экстремально холодным и со значительным дефицитом количества осадков на большей части территории Казахста-

на.

В течение декабря месяца над территорией Казахстана преобладал северо-западный, а временами северный поток в средней тропосфере, что способствовало установлению экстремально холодной погоды. В приземном слое атмосферы большую часть месяца наблюдался антициклональный тип погоды, в конце декабря в отдельных регионах севера, центра и востока страны столбики термометров опускались до минус 35...37 °С.

В декабре практически на всей территории Казахстана средние месячные температуры воздуха были значительно ниже нормы. В основном отрицательные аномалии были в диапазоне 2...5 °С. Экстремально холодно было в некоторых северо-западных, юго-западных, центральных и южных районах страны, когда отрицательные аномалии средней месячной температуры воздуха вошли в 5 % самых значительных аномалий и составляли более 6 °С и даже 9 °С. Только в крайних северных районах аномалии температуры были менее 1 °С.

В декабре на большей части территории республики наблюдался значительный дефицит осадков – осадков выпало менее 60 % нормы. Экстремально сухо, когда количество осадков составило менее 20 % нормы, было на значительной территории юго-западных, центральных и южных регионов страны. На метеостанциях Бейнеу, Кызан и Ширик-Рабат осадков не наблюдалось в течение всего месяца. На метеостанциях Мынжилки, Нура и Туркестан были установлены новые минимумы месячного количества осадков (1,8 мм, 1,2 мм и 1,0 мм, соответственно). Осадки выше нормы (до 131 % нормы) наблюдались на юге Павлодарской, севере Восточно-Казахстанской областей.

### **Краткая характеристика синоптических процессов, обусловивших возникновение стихийных метеорологических явлений**

**Сильный ветер, шквал.** В 2020 году на территории Казахстана наблюдалось 48 случаев сильного ветра при скорости 30 м/с и более на 32 метеорологических станциях.

Рассмотрим синоптическую ситуацию на примере 07...08 апреля 2020 г. в Костанайской, Северо-Казахстанской, Акмолинской областях.

Анализ приземных карт показал, что силь-

ные ветры, достигшие особо опасных значений 30...37 м/с, были обусловлены смещением глубокого циклона (давление в центре 970 гПа) из северных районов Норвежского моря через южный Урал, с одновременным смещением Южно-Каспийского циклона на северные районы Казахстана.

05 апреля в районе Ханты-Мансийска произошло слияние этих двух циклонов в одну глубокую ложбину, с которой были связаны три системы фронтов: арктическая, полярная и тропическая. 06 апреля в 06 ч ВСВ в районе Челябинска на волне арктического фронта образовался молодой циклон, очерченный одной изобарой 1007 гПа. Этот молодой циклон начал смещаться с районов Челябинска в юго-восточном направлении со скоростью 30 км/ч и 07 апреля в 00 ч ВСВ центр этого циклона достиг Костанайской области, при этом давление в центре понизилось до 1000 гПа. В передней части циклона отмечается падение давления до 1,0...5,2 гПа/3 ч, за холодным полярным фронтом над севером Актюбинской области рост давления составил 1,0...3,9 гПа/3 ч. Затем за 06 часов этот циклон углубился за счет термических и динамических факторов, сменив свою траекторию на северо-восточную и начал смещаться на Северо-Казахстанскую область, при этом продолжил углубляться, где достиг своего максимального развития, при этом давление в центре достигло 980 гПа/3 ч, барический градиент составил 50 гПа/500 км (рис. 3).

Анализ карт барической топографии показал, что на карте АТ850 гПа центр циклона располагался над г. Тобольском с давлением в центре 124 гПа. Барический градиент достигал 11...16 гПа/500 км. Контраст температур в зоне фронтальных разделов составил 15...19 °С/500 м, дефицит точки росы 11...20 °С.

На карте АТ700 гПа барический градиент достигал 11...16 гПа/500 км, дефицит точки росы 0,6...20 °С.

На карте АТ500 и АТ300 гПа ось высотной ложбины была ориентирована с Обской губы на север Каспийского моря и проходила через Ханты-Мансийск – Челябинск – Актюбинск. ПВФЗ была направлена с ЕТР через юго-западные, южные районы Казахстана на северные регионы страны. Ее интенсивность на АТ500 и АТ300 гПа составила 16 гПа/500 км, скорость ведущего потока достигла 90...190 км/ч (рис. 4).

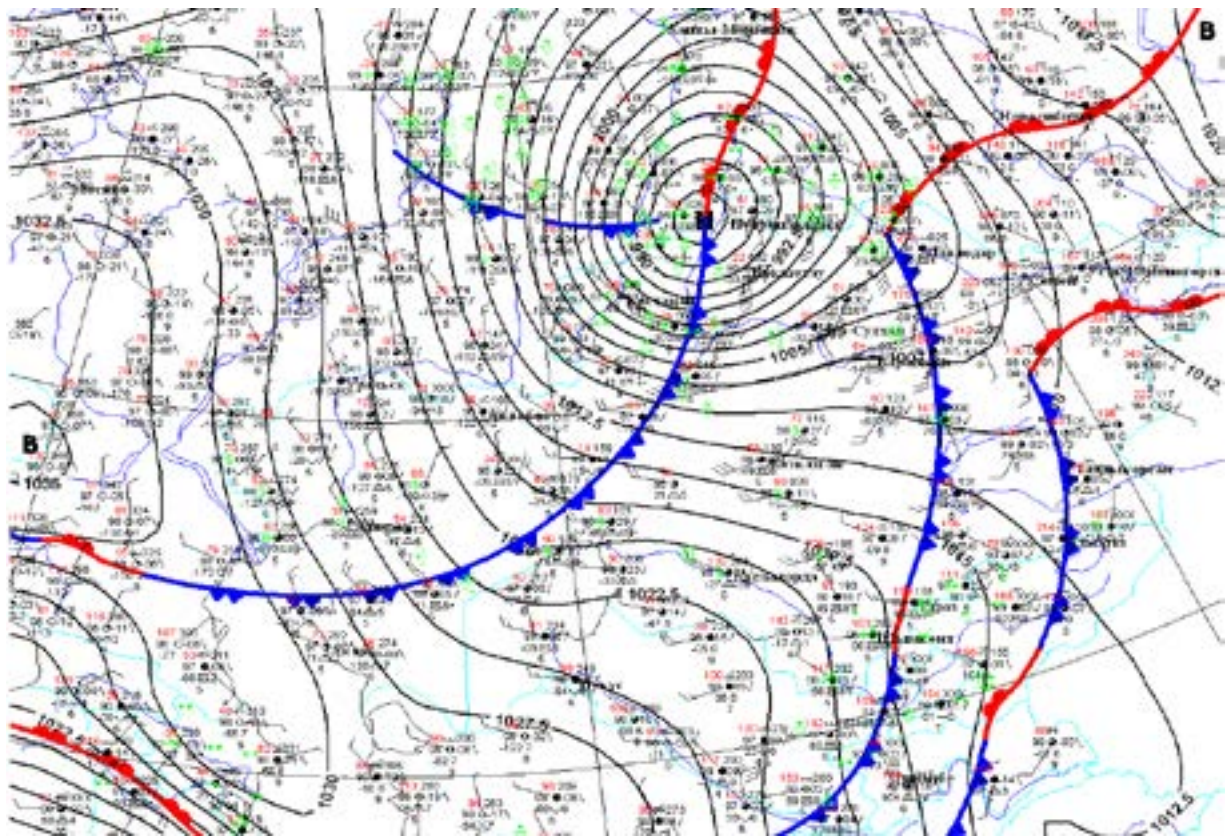


Рис. 3. Кольцевая карта погоды за 12 ч ВСВ 07.04.2020 г.

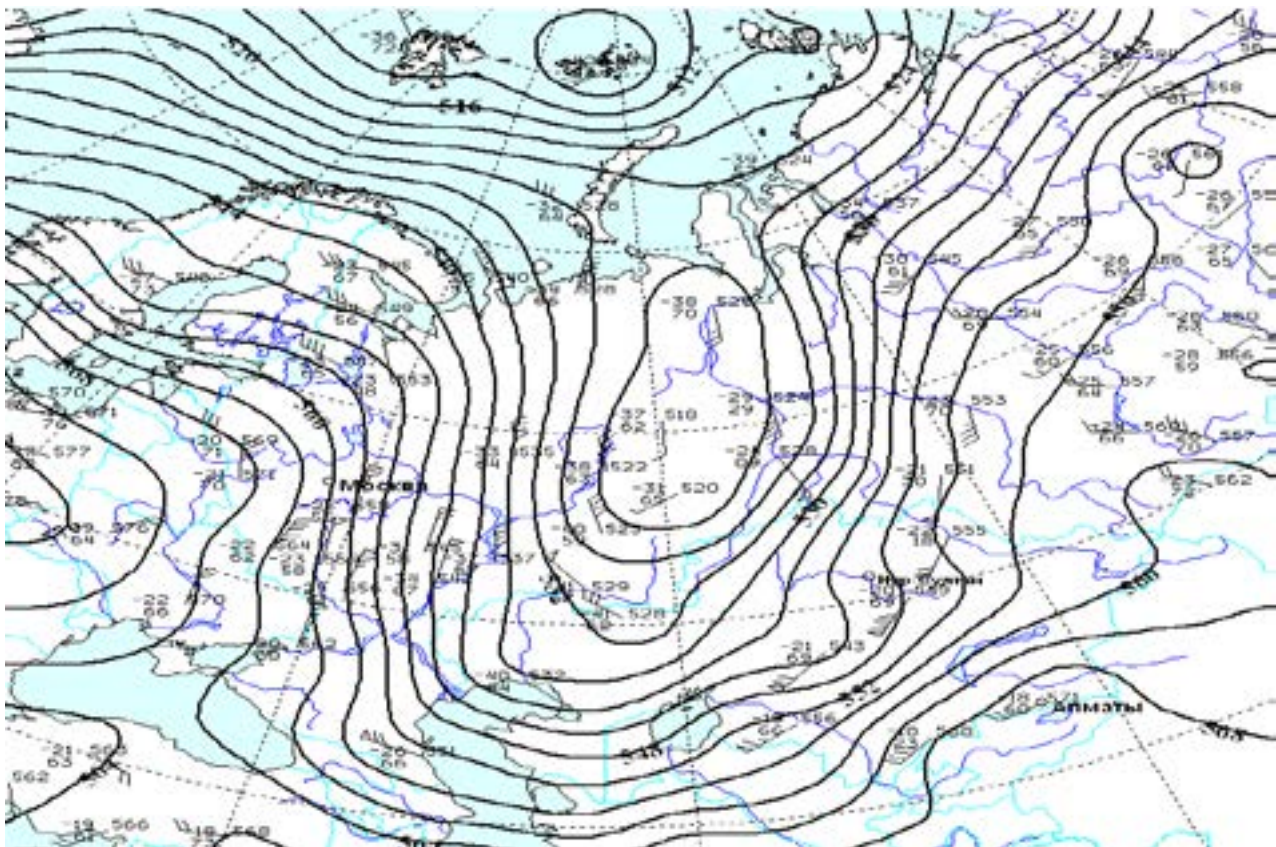


Рис. 4. Карта AT500 гПа за 12 ч ВСВ 07.04.2020 г.

Таким образом, следует сделать вывод, что усиление ветра в Костанайской, Акмолинской, Северо-Казахстанской областях в 2020 году было обусловлено следующими факторами: углублением циклона у земли; значительной скоростью смещения циклона у земли и большими барическими и термическими градиентами у земли и на высоте.

Ущерб, нанесенный от штормового ветра в этих регионах: обрыв электрических проводов, повалены столбы линий электропередач, сорваны крыши домов, сломаны деревья и заборы, повреждены автомашины.

Территория Казахстана отличается большой неоднородностью рельефа, поэтому на общую циркуляцию атмосферы накладывается местная циркуляция, обусловленная разнообразием рельефа (горы, долины, крупные озера и т.д.). В то время, как на прилегающей равнинной территории наблюдается слабый или умеренный ветер, в предгорьях или горных ущельях он может усиливаться до больших значений. Если создается барическое поле, благоприятное для возникновения сильного ветра на равнинной части, и физико-географические особенности рельефа способствуют его усилению, то сильные ветры охватывают обширную территорию. При такой обстановке местные орографические ветры достигают ураганной силы. Особенно большой силы достигают юго-восточные (евгей) и северо-западные (сайкан) ветры в Джунгарских воротах.

Джунгарские ворота – горный проход между Джунгарским Алатау с запада и хребтом Барлык с востока, соединяет Балкаш-Алакольскую котловину и Джунгарскую равнину. Представляет собой плоский и широкий (более 10 км) коридор длиной около 50 км, высотой 300...400 метров. На входах в ворота располагаются озёра Алаколь (с севера) и Эби-Нур (с юга). В северной части самого прохода находится небольшое озеро Жаланашколь, в центральной – станция Достык (Дружба).

Вдоль Джунгарских ворот ветер не однороден и по скорости, и по направлению. Ураганные ветры в северной и южной частях возникают неоднородно и имеют противоположные направления: в северной части преобладает юго-восточное направление (евгей), в южной – северо-западное (сайкан). Наиболее вероятной высотой, до которой распространяются здесь штормовые

ветры, является высота 700 м над поверхностью земли, а наибольшие значения скорости ветра приходится на холодный период года, особенно с октября по февраль.

Необходимым условием для возникновения сайкана является наличие определенного градиента давления у поверхности земли между Восточным Казахстаном и северо-западным Китаем. Подобного рода перепад давления создается в период северных, северо-западных или западных холодных вторжений на Восточный Казахстан.

Возникновение евгея связано с понижением давления над Джунгарскими воротами в направлении с юго-востока на северо-запад. Эти условия создаются, когда над Джунгарскими воротами располагается юго-западная или западная периферия Азиатского антициклона, а над Казахстаном и Средней Азией область пониженного давления. При этом происходит накопление воздуха с Южной стороны Джунгарских ворот и движение его через сравнительно узкий горный проход.

Перемещение воздуха в сторону гор сопровождается ростом давления в предгорной части, а конвергенция потока при входе в горный проход увеличением вертикальной мощности холодного воздуха. Так как этот циркуляционный процесс развивается в зимнее время, можно предположить, что воздушная масса стратифицирована устойчиво и упорядоченные восходящие движения воздуха обуславливаются только орографией. Следовательно, в районе входа горный проход закрывается холодным плотным воздухом и евгей в южной части горного прохода является холодным, в северной – теплым, сайкан наоборот. На выходе из Джунгарских ворот воздушная масса растекается, верхняя ее граница снижается. Давление здесь становится меньше, а скорость ветра больше, чем у входа. Все это создает эффект наноса, действующего на выброс воздуха. Таким образом, условие неоднородности в скоростях ветра имеют место на протяжении сравнительно небольшого горного прохода. Там, где воздух холоднее, скорости его меньше.

Таким образом, следует отметить, что усиление ветра в Алакольском районе Алматинской области наблюдается при одних и тех же синоптических ситуациях, описанных выше. По данным М Жаланашколь выявлено, что за послед-

ние 6 лет (2015...2020 гг.), в 2020 г. отмечалось наименьшее число (3) случаев усиления ветра достигших критериев СГЯ: 15 февраля и 29 декабря скорость ветра достигала 34 м/с, 24 января – 32 м/с, продолжительностью от 3 ч до 13 ч.

**Фронтальные шквалы** непосредственно связаны с прохождением холодного фронта, особенно при наличии на фронте волнового возмущения. В основном шквалистое усиление ветра происходит днем.

**Условия возникновения шквалистого ветра** рассмотрим на примере Карагандинской области. В летний период 26 июня 2020 г. в 11.40 ч, 12.25 ч, 14.15 ч ВСВ на МС Кызылтау зафиксировано 3 случая усиления шквалистого ветра, скорость ветра при этом достигала 30...42 м/с,

продолжительностью до 1 мин.

Шквалистый ветер был обусловлен выходом Южно-Каспийского циклона (1010 гПа), который со скоростью 50 км/ч за 36 часов сместился на Карагандинскую область, при этом давление в центре циклона понизилось до 990 гПа. С этим циклоном были связаны три активные фронтальные системы арктического, полярного и тропического фронтов.

К моменту возникновения шквала в 12 ч ВСВ температура воздуха за счет дневного прогрева повысилась до 30 °С, что привело к развитию ю мощной кучевой и кучево-дождевой облачности. При прохождении холодного полярного фронта через пункт отмечалось резкое понижение температуры воздуха на 8 °С (от 30 до 22 °С) и рост давления на 5 гПа

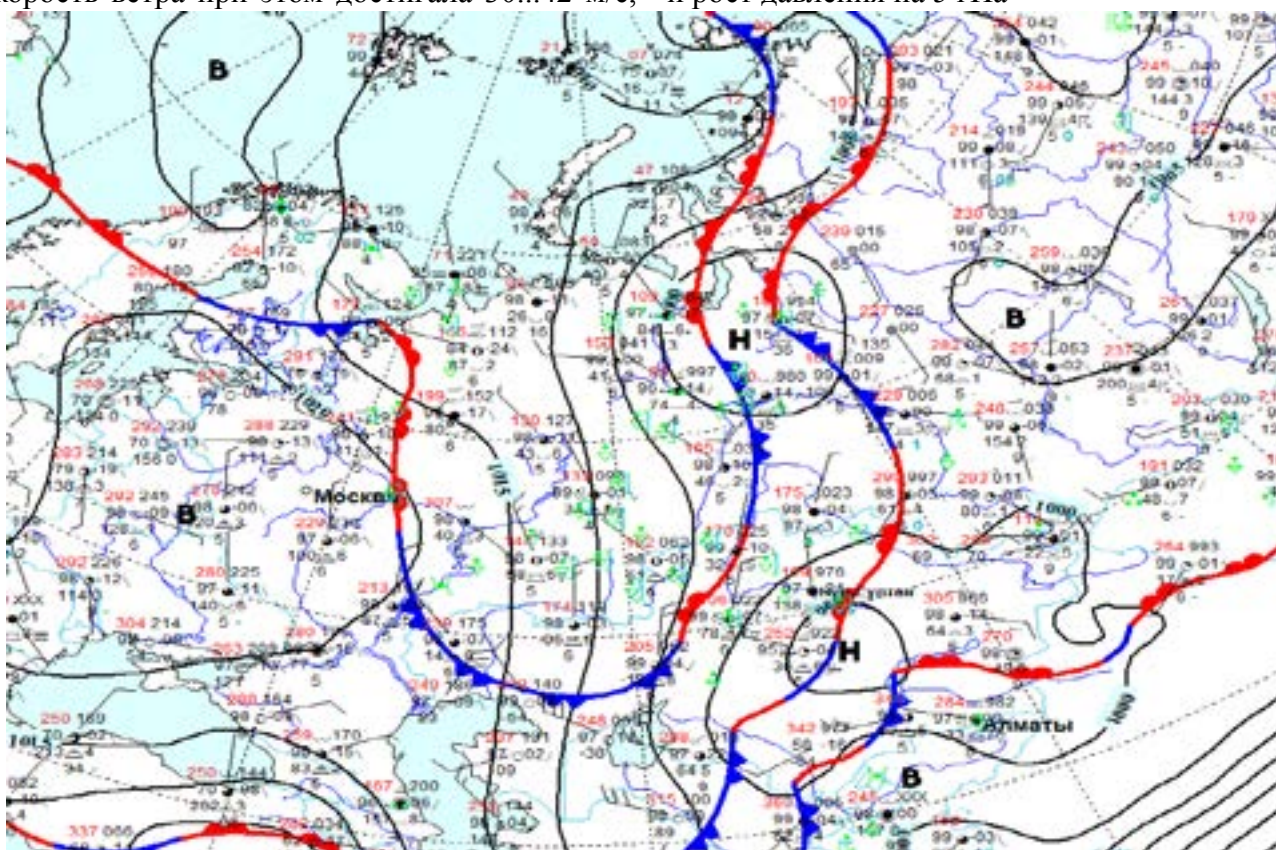


Рис. 5. Анализ приземный за 12ч ВСВ 26.06.2020 г.

Благоприятными условиями для возникновения шквала послужили значительное ослабление ветра в зоне струйного течения (рис. 6. АТ300 гПа 12 ч ВСВ), высокая температура воздуха перед холодным фронтом, большой контраст температур (над сушей разность температур перед фронтом и за ним составляла 7...10 °С), и значительный рост давления за холодным фронтом (3...5 гПа/3 ч).

Шквалы также чаще возникают в передних,

обычно восточных частях высотных барических ложбин (АТ700 – АТ300 гПа) при наличии расходимости юго-западных потоков (рис. 7. АТ500 гПа 12 ч ВСВ).

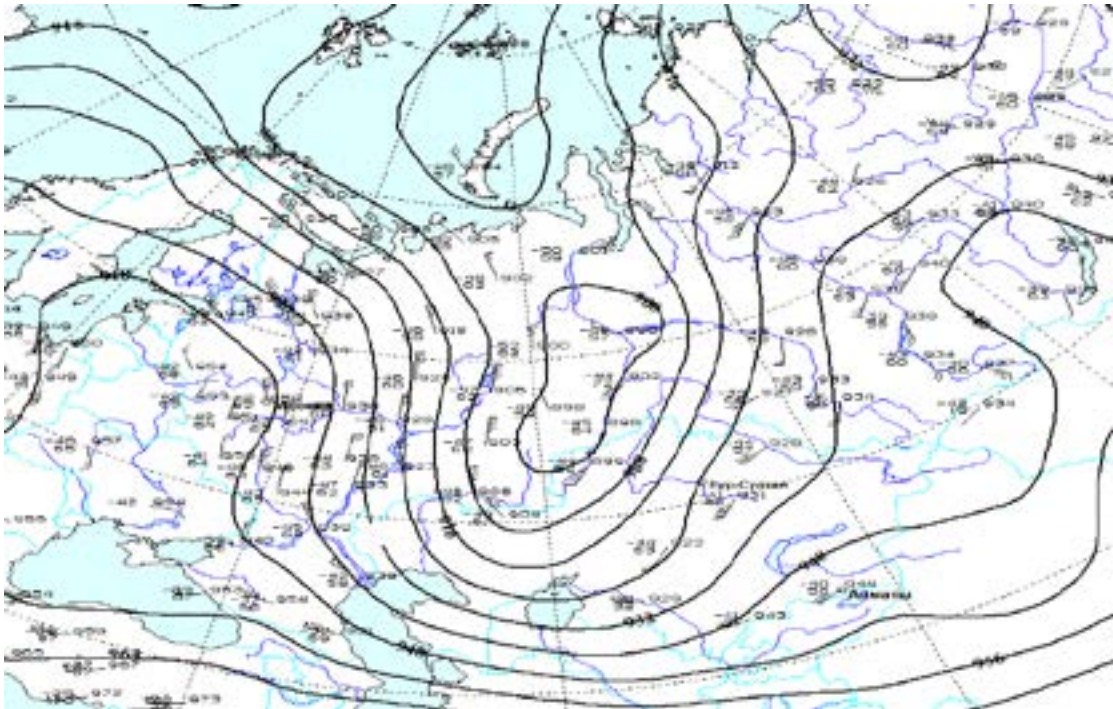
Анализ спутниковых снимков за 26.06.2020 г. показал, что холодному полярному фронту соответствовала ярко выраженная облачная полоса, состоящая из мощных кучевых и кучево-дождевых форм, ориентированная в меридиональном направлении. Антициклональный тыловой из-



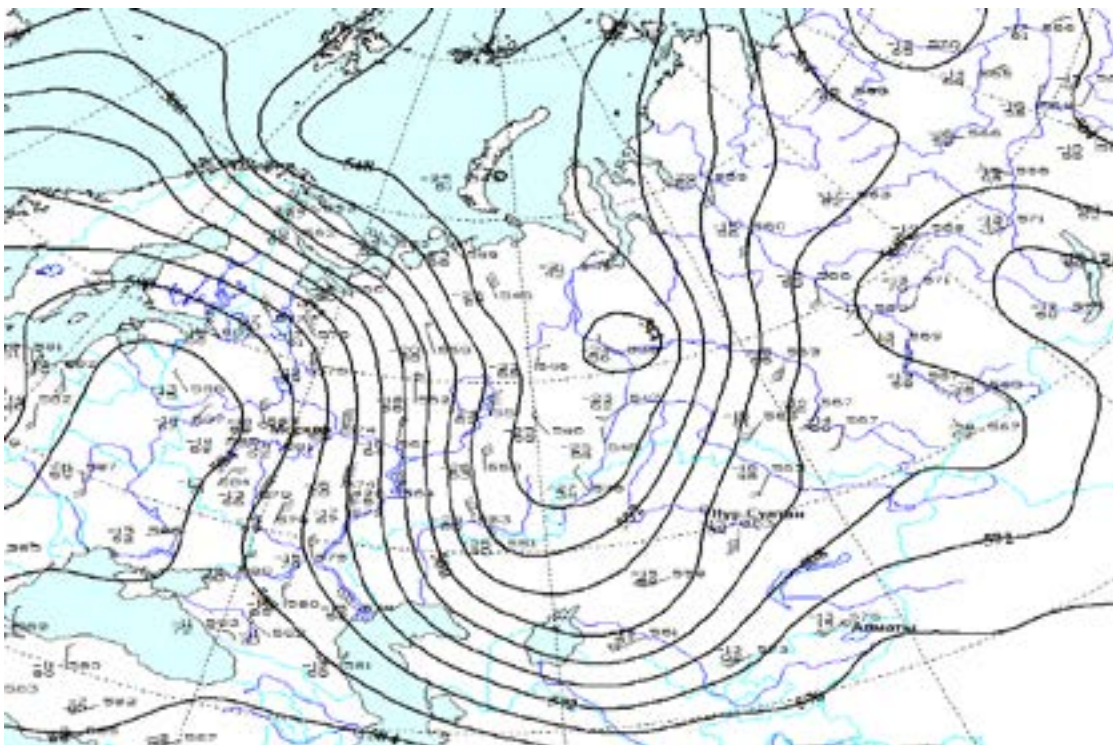
гиб и наличие тонкой слоистой облачности указывало на адвекцию холода на Карагандинскую область (рис. 8).

Таким образом, условиями для возникновения шквалистого ветра явились: дневной про-

грев температуры воздуха; образование мощной кучевой и кучево-дождевой облачности; прохождение линии холодного фронта, особенно при наличии на фронте волнового возмущения; сильные нисходящие потоки воздуха.



**Рис. 6.** Карта АТ300 гПа за 12 ч ВСВ 26.06.2020 г.



**Рис.7.** Карта АТ500 гПа за 12 ч ВСВ 26.06.2020 г.

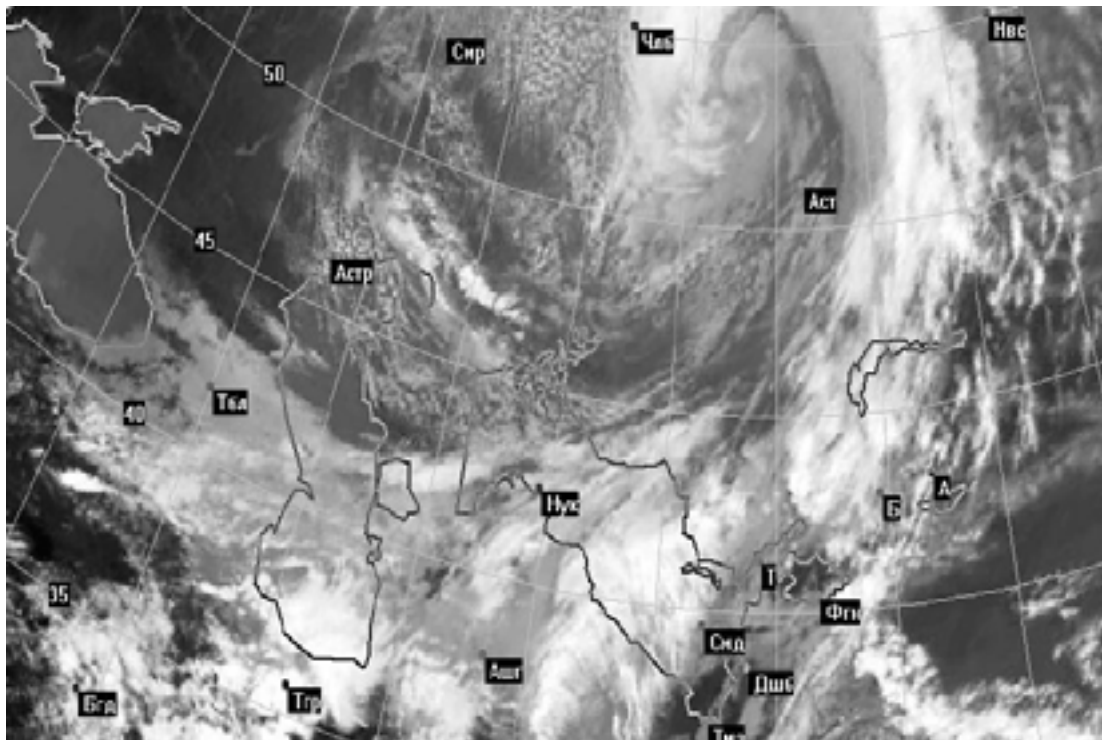


Рис. 8. Спутниковый снимок РСМЦ ВМО (г. Ташкент, Узгидромет) за 12 ч ВСВ 26.06.2020 г.

**Сильная метель.** В 2020 году на территории Казахстана было зарегистрировано 32 случая сильных метелей. Продолжительность метелей составляла от 14 до 47 часов с видимостью 50...500 м. Метели наблюдались чаще всего при юго-западном ветре, скорость при этом достигала 16...25 м/с, порывы до 28 м/с.

Большинство метелей сопровождалось обильными снегопадами и сильными порывистыми ветрами. Наибольшее количество сильных метелей на территории Казахстана наблюдалось в январе месяце – 23 случая.

В качестве примера рассмотрим подробно синоптическую ситуацию в период 25...26 января 2020 г., когда сильные метели наблюдались в Акмолинской, Актюбинской и Костанайской областях.

Анализ приземных карт показал, что образовавшийся циклон над Скандинавским полуостровом с большими запасами тепла и влаги, 25 января в 00 ч. ВСВ находился в районе Архангельска с давлением в центре 985 гПа. Глубокая ложбина этого циклона была ориентирована на западные, северо-западные регионы Казахстана. По оси ложбины проходил теплый атмосферный фронт полярной системы. В зоне фронта наблюдались контрасты температуры порядка 12 °С/500 км, а также большой разрыв скорости ветра. В ложбине почти повсеместно отмечалось

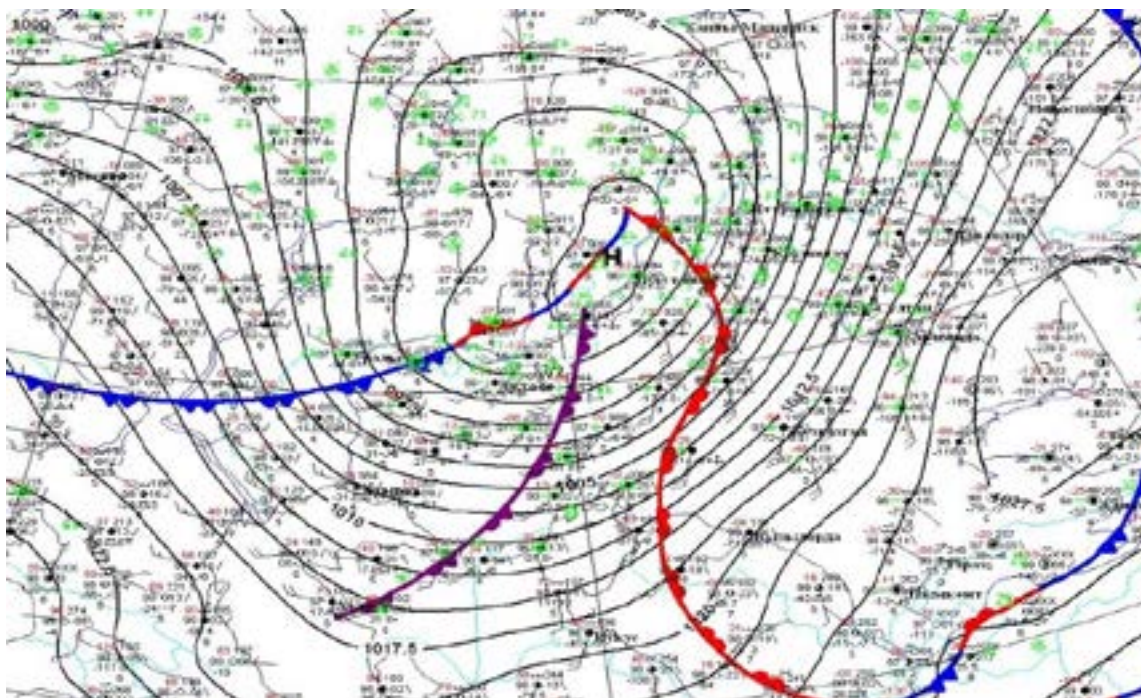
падение давления в пределах 1...3 гПа/3 часа. В связи с чем 25 января в 12 ч 45 мин. метели начались на северо-востоке Актюбинской и на востоке Костанайской областей, продолжительность которых составила 14...47 ч, при видимости 200...500 м. Эти метели были вызваны возникновением обширной штормовой зоны.

Далее углубляющийся циклон с районов Архангельска со скоростью 56 км/ч начал смещаться в юго-восточном направлении через Республику Коми, Пермский край и Южный Урал. На кольцевой карте за 12 ч ВСВ 26 января 2020 г. (рис. 9) видно, что центр циклона переместился на север Костанайской области, давление в центре понизилось до 878 гПа. Изаллобарическая пара была хорошо выражена: рост в тылу 3,7 гПа, падение в передней части 3.7 гПа. Циклон был высоким и прослеживался до 5 км. С ним была связана полярная система фронта, хорошо выраженная в поле всех метеорологических элементов. Барический градиент в теплом секторе циклона составил 28...32 гПа/500 км. Одинаковая направленность воздушных потоков у земли и на высотах способствовала сохранению сильных ветров и метелей. Дальнейшее перемещение циклона на Ханты-Мансийск привело к ослаблению барических градиентов в этих районах, что в свою очередь способствовало ослаблению ветра и прекращению метелей.

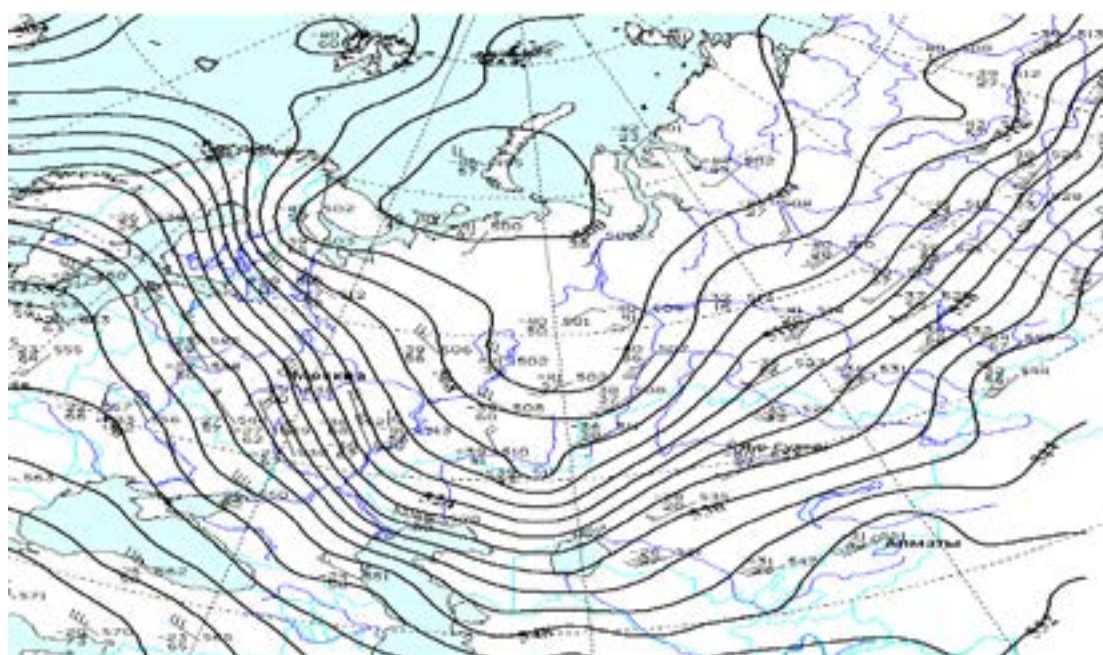
На карте АТ850гПа барический градиент достигал 12...17 гПа/500 км. Контрасты температур в зоне фронтальных разделов составили 3...6 °С, дефицит точки росы – 0,6...20 °С. Фронты были хорошо выражены в поле температуры, влажности и ветра как у земли, так и на уровне 1,5 км, что обусловило обширную зону снегопадов и метелей в этих областях.

На карте АТ700 гПа барический градиент достигал 14...18 гПа/500 км, дефицит точки росы – 12...14 °С.

На карте АТ500 и АТ300 гПа ось высотной ложбины проходила через Салехард – Ханты-Мансийск – Нижний Тагил – юго-запад Казахстана. В тропосфере сформировалась активная ВФЗ с северными потоками, которая была ориентирована с Баренцева моря через северные и западные районы ЕТР и опускалась на Каспийское море, затем она проходила через среднюю Азию и уходила на юг Западной Сибири. Ее интенсивность на АТ500 гПа-16 гПа/500 км, скорость ведущего потока достигала 90...170 км/ч (рис. 10).



**Рис. 9.** Кольцевая карта погоды за 12 ч ВСВ 26.01.2020 г.



**Рис. 10.** Карта АТ500 гПа за 12 ч ВСВ 26.01.2020 г.

Прохождение фронтальных разделов, связанных с ложбиной циклона, над северными районами приводит к обильным снегопадам, что в сочетании с сильным ветром обуславливает развитие метелей. Метели при средней скорости 15 м/с и более, продолжительностью 12 часов и более, ухудшающие видимость менее 500 м в течение 3 часов относятся к особо опасным явлениям погоды, и приносят значительный ущерб народному хозяйству. В 2020 г. из-за сильных метелей в этих регионах нарушалось движение автомобильного и железнодорожного транспорта, прекращалась подача электроэнергии, были выявлены случаи сноса крыш с помещений.

**Сильные осадки (дождь, снег).** К очень сильным дождям (СГЯ) отнесены дожди с количеством осадков 50 мм и более за 12 часов и менее в равнинной части территории и 30 мм и более за 12 часов и менее в горных и селеопасных районах. К сильным снегопадам (СГЯ) отнесены случаи выпадения сильного снега с количеством осадков 20 мм и более за 12 часов и менее.

За исследуемый период январь-декабрь 2020 г. отмечено всего 22 случая сильных дождей по данным 19 метеорологических станций республики, с количеством осадков 31...79 мм и продолжительностью 3...12 часов. Распределение особо опасных дождей по территории Казахстана характеризуется особенностями, связанными со строением рельефа. Большинство случаев сильного дождя носили локальный характер.

Наибольшее количество метеорологических станций (11 метеостанций), отмечавших очень сильные осадки расположены в горных и предгорных районах юго-восточного Казахстана (Алматинская область).

Осадки различной интенсивности на территории Казахстана отмечаются в течение всего года. Как правило, они связаны с холодными вторжениями, активной циклонической деятельностью, прохождением резко выраженных атмосферных фронтальных разделов.

В теплый период, как правило, осадки в юго-восточном Казахстане обусловлены холодными вторжениями, которые проникают на территорию с северо-запада, запада, севера и северо-востока. В рассматриваемый период на нескольких метеостанциях были зарегистрированы интенсивные дожди, на которых за несколько часов выпало около половины месячной нормы осадков: в Туркестанской области на МС Тасарык

13 мая за 5 часов выпало 50 мм (норма 95 мм); в Жамбылской области 30 апреля на МС Мерке за 7 часов выпало 33 мм (норма 61 мм) и 13 мая на МС Кордай за 3 часа – 38 мм (норма 66 мм).

Рассмотрим синоптическую ситуацию в период 13...15 мая 2020 г., при которой Азиатское северо-западное вторжение, вызвало обильные дожди в горных районах Жамбылской и Алматинской областей, количество выпавших осадков составило 31...65 мм.

Синоптическая ситуация в эти дни была следующая: на приземной карте 12 мая в 00 ч ВСВ антициклон с давлением в центре 1020 гПа находился в районе Кавказа. В то же время над Таджикистаном находился Верхне-Амударьинский циклон, с которым была связана полярная система фронтов (рис. 11).

В течение периода в тыл циклона распространялся отрог антициклона, перемещая полярную фронтальную систему в горные районы Заилийского Алатау, что способствовало волнообразованию, обострению фронтальной деятельности, понижению температуры воздуха на 5...10 °С/12 ч и росту давления на 1...6 гПа/3 ч (рис. 12).

В зоне фронтальной деятельности, расположенной на высоте АТ850 гПа контраст температур был 10...13 °С/500 км. По данным зондирования в районе г. Тараз в слое АТ850-АТ500 гПа дефицит точки росы составил 0,2...0,5 °С.

На карте АТ500 гПа холодное вторжение в Среднюю Азию было обусловлено высотным циклоном. Его центр располагался в районе Белого моря, ось высотной ложбины была ориентирована на юго-восток Казахстана и проходила через Архангельск–Сыктывкар–Екатеринбург, Актюбинскую область и центральный Казахстан (рис. 13).

На карте АТ300 гПа в районе г. Тараз отмечались большие скорости струйных течений до 100 км/ч (рис. 14).

На карте ОТ500/1000 вынос теплого воздуха с районов Средней Азии на восточную половину республики, и заток холодного влажного воздуха с арктического бассейна, способствовали дальнейшему углублению высотного циклона (рис. 15).

На спутниковом снимке за 12 ч ВСВ 13 мая 2020 г. наблюдалась хорошо оформленная облачная полоса ярко белого цвета над юго-востоком и востоком республики, также видна ярко

выраженная конвективная облачность над югом и юго-востоком Казахстана. Изолированные кучево-дождевые облака на снимке представляют-

ся в виде скопления разных видов и размеров, обычно из такой облачности выпадают ливни (рис. 16).

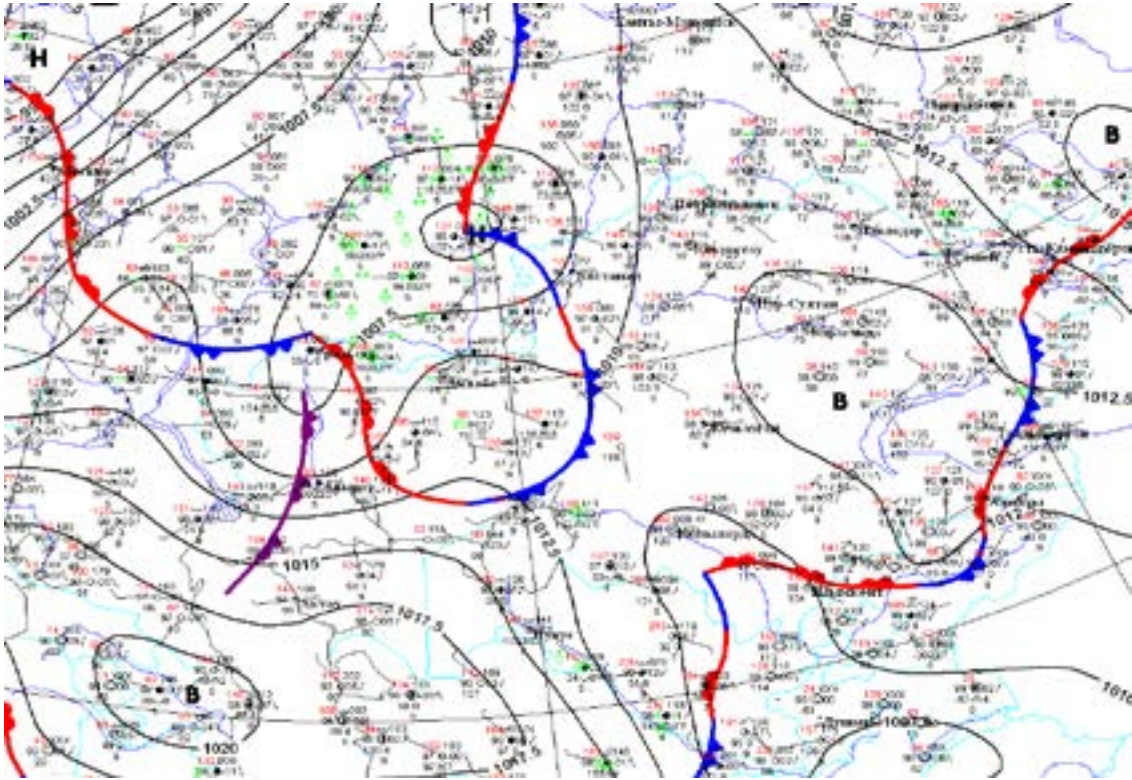


Рис. 11. Кольцевая карта погоды за 12 ч ВСВ 12.05.2020 г.

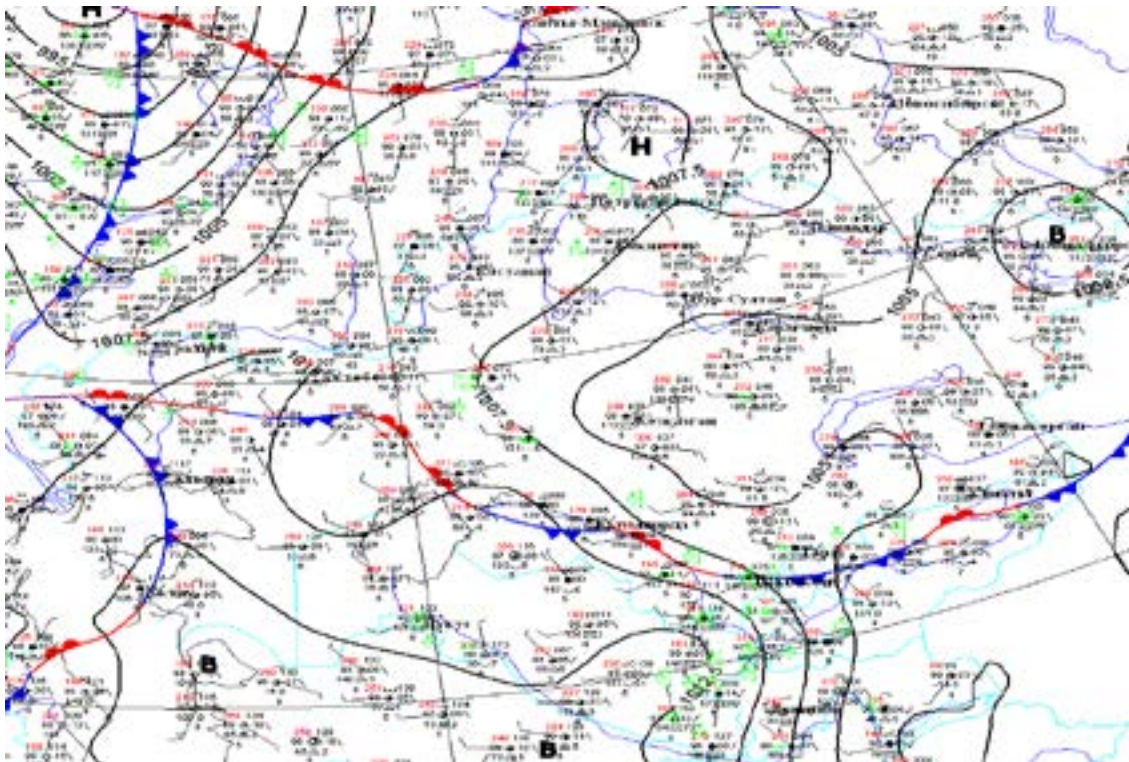


Рис. 12. Кольцевая карта погоды за 12 ч ВСВ 13.05.2020 г.

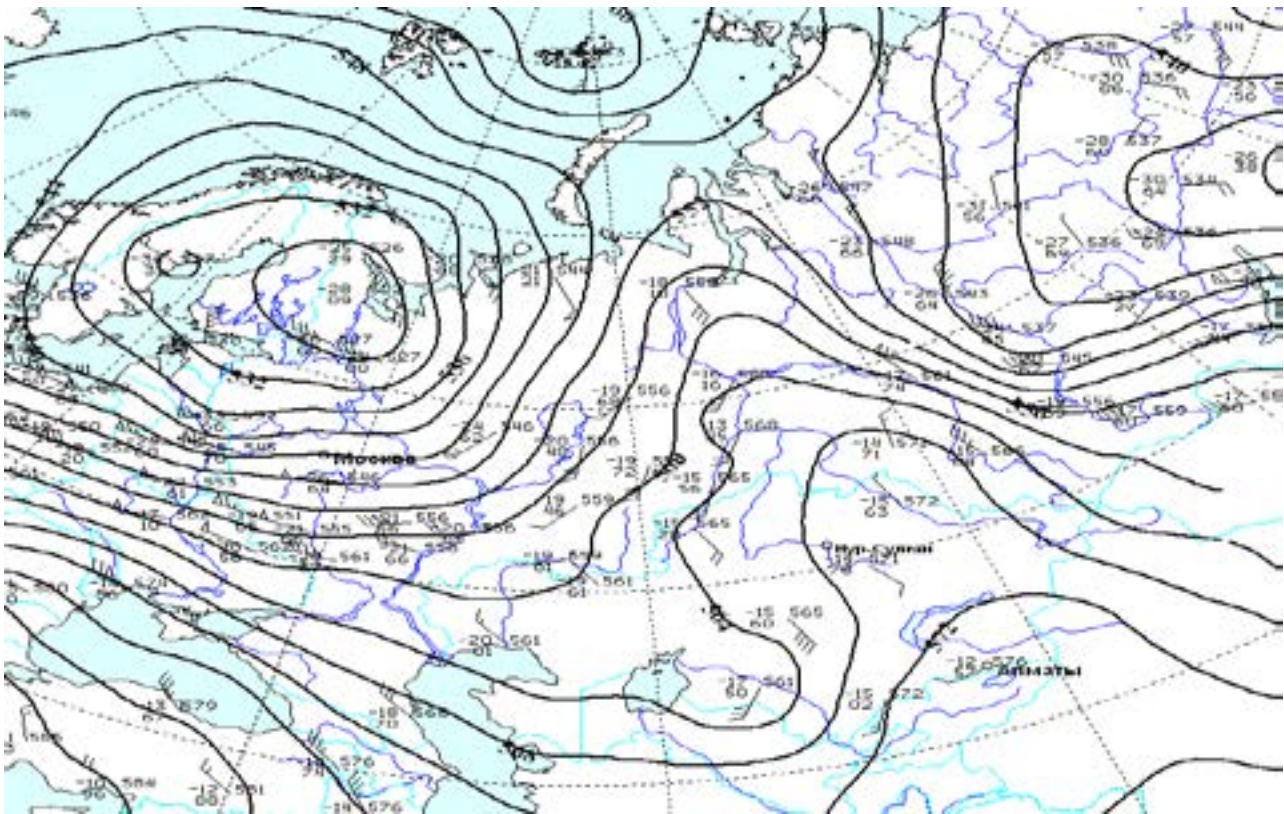


Рис. 13. Карта АТ500 гПа за 12 ч ВСВ 13.05.2020 г.

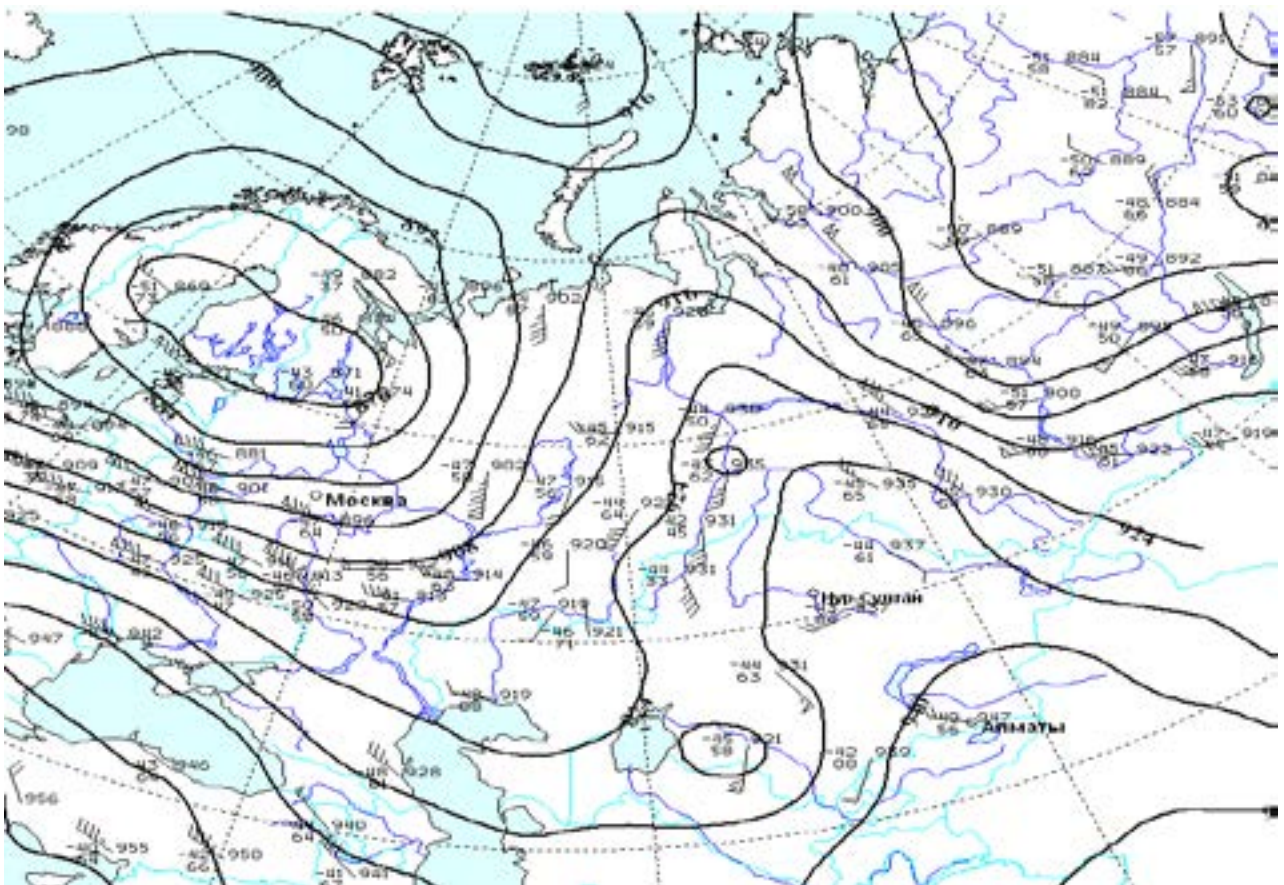


Рис. 14. Карта АТ300 гПа за 12 ч ВСВ 13.05.2020 г.

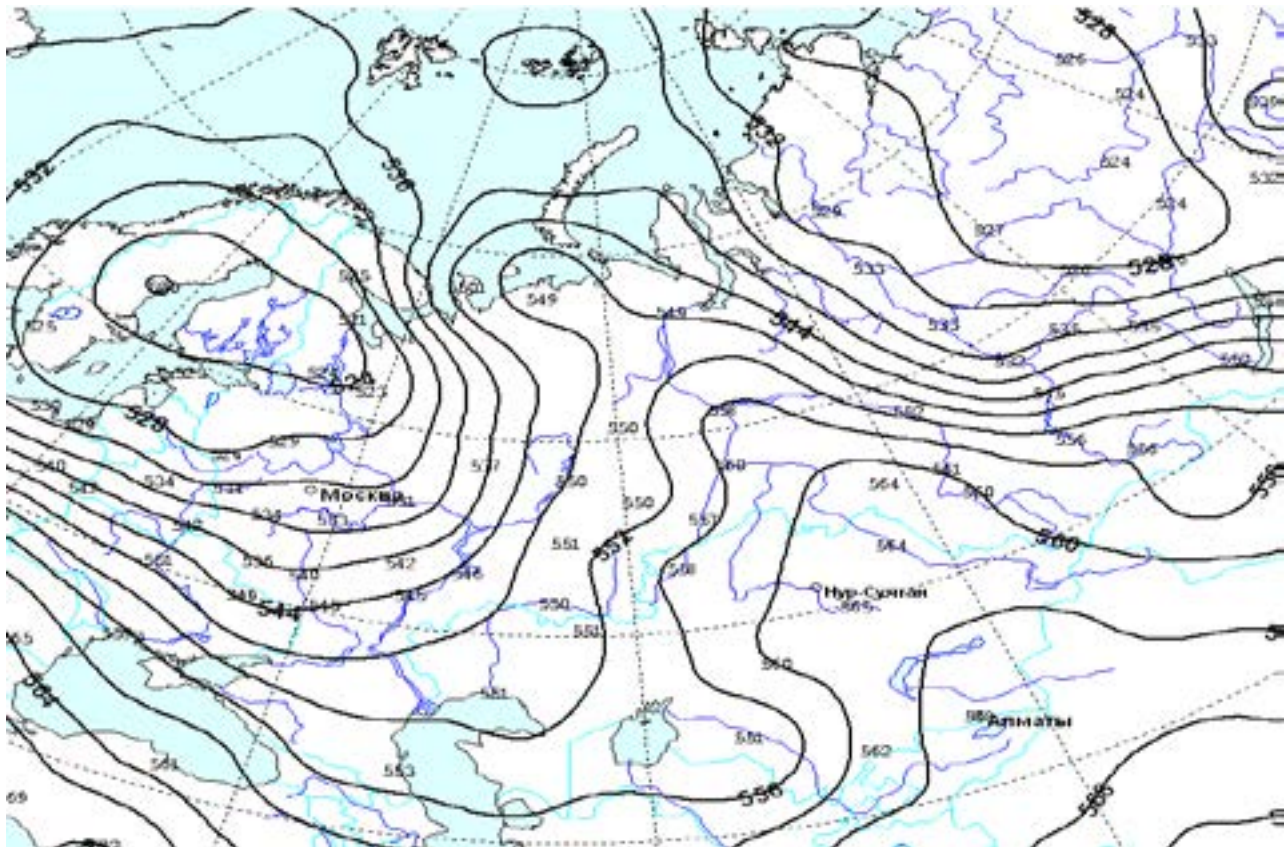


Рис. 15. Карта OT500/1000 за 12 ч ВСВ 13.05.2020 г.

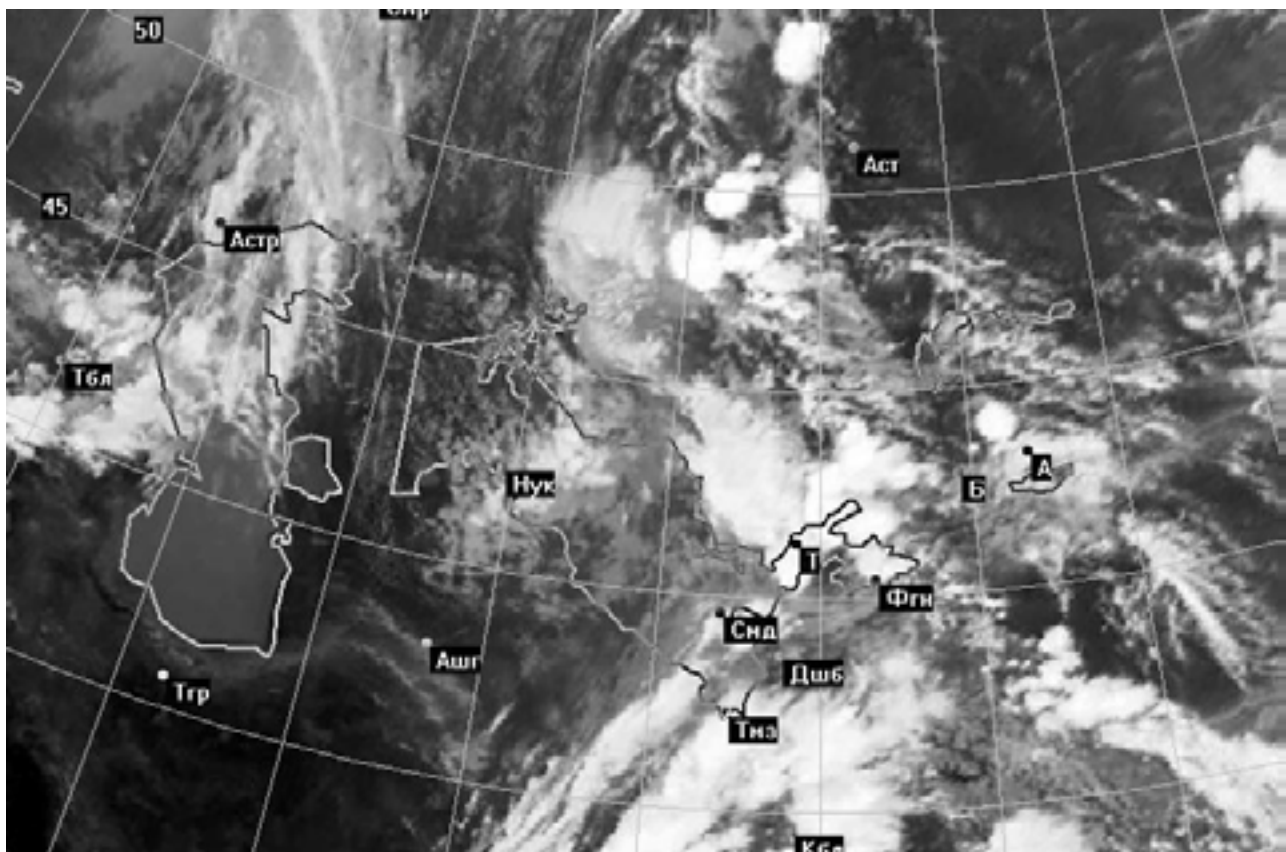


Рис. 16. Спутниковый снимок РСМЦ ВМО (г. Ташкент, Узгидромет) за 12 ч ВСВ 13.05.2020 г.

Таким образом, в результате дальнейшей интенсивной адвекции арктического воздуха на юг и юго-восток Казахстана, произошло обострение холодного полярного фронта у земли, что привело к выпадению сильных дождей в этих регионах.

Остальные случаи очень сильного дождя имели локальный характер. В Акмолинской области 02 июля на МС Зеренды за 12 часов выпало 56 мм, в Северо-Казахстанской области на МС Смирново 03 июля за 11 часов выпало 79 мм, однако данные о нормах отсутствуют в связи с тем, что эти метеостанции были открыты в 2009...2010 гг. (данные о норме формируются за 30 летний период).

Рассмотрим синоптическую ситуацию локального дождя в Акмолинской области на МС Зеренды, который отмечался 02 июля и был обусловлен выходом Южного циклона. 01 июля в 00 ч ВСВ в глубокой ложбине этого циклона над югом Карагандинской области образовался частный центр ( $P=1000$  гПа). С ним были связаны 2 фронтальные системы арктического и полярного фронтов. Центр циклона смещался в северо-восточном направлении, перемещая теплые воздушные массы на северные регионы республики. В 12 ч ВСВ 02 июля в тыл ему начали поступать холодные арктические воздушные массы, в связи с чем циклон начал углубляться.

Центр его сместился на север Карагандинской области, за холодным арктическим фронтом образовались большие контрасты температур  $5...10$  °С, увеличение градиентов давления до  $25$  гПа/500 км, которые привели к обострению синоптических процессов, в частности выпадению очень сильного дождя (рис. 17).

За контрастным холодным фронтом во второй половине дня началась активная термическая конвекция за счет дневного прогрева. Эти факторы привели к образованию кучево-дождевых облаков большой вертикальной мощности, которые привели к выпадению очень сильного дождя на МС Зеренды.

На спутниковом снимке за 15 ч ВСВ 02 июля над центральным и северным Казахстаном сформировались мощные грозовые очаги облачности типа неустойчивости. Кучево-дождевые облака имеют куполообразную структуру, большую яркость и размеры. На снимках имеют вид крупных ярких белых пятен с размерами  $10...40$  км и более, что отчетливо видно на снимке (рис. 18).

Анализ карт барической топографии за 12 ч ВСВ показал, что на АТ850 АТ700 гПа центр высотного циклона совпадает с приземным центром, дефицит точки росы не отмечался, контраст температур на карте АТ850 гПа составил  $7...12$  °С.

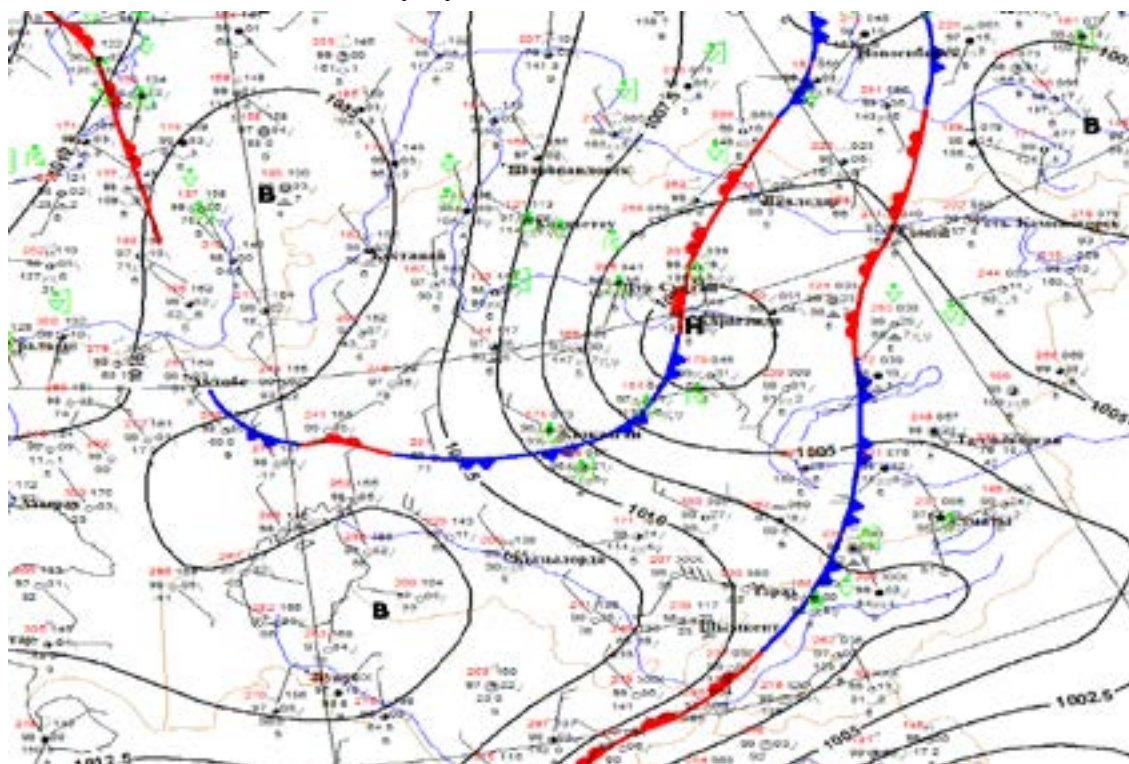


Рис.17. Кольцевая карта погоды за 15 ч ВСВ 02.07.2020 г.



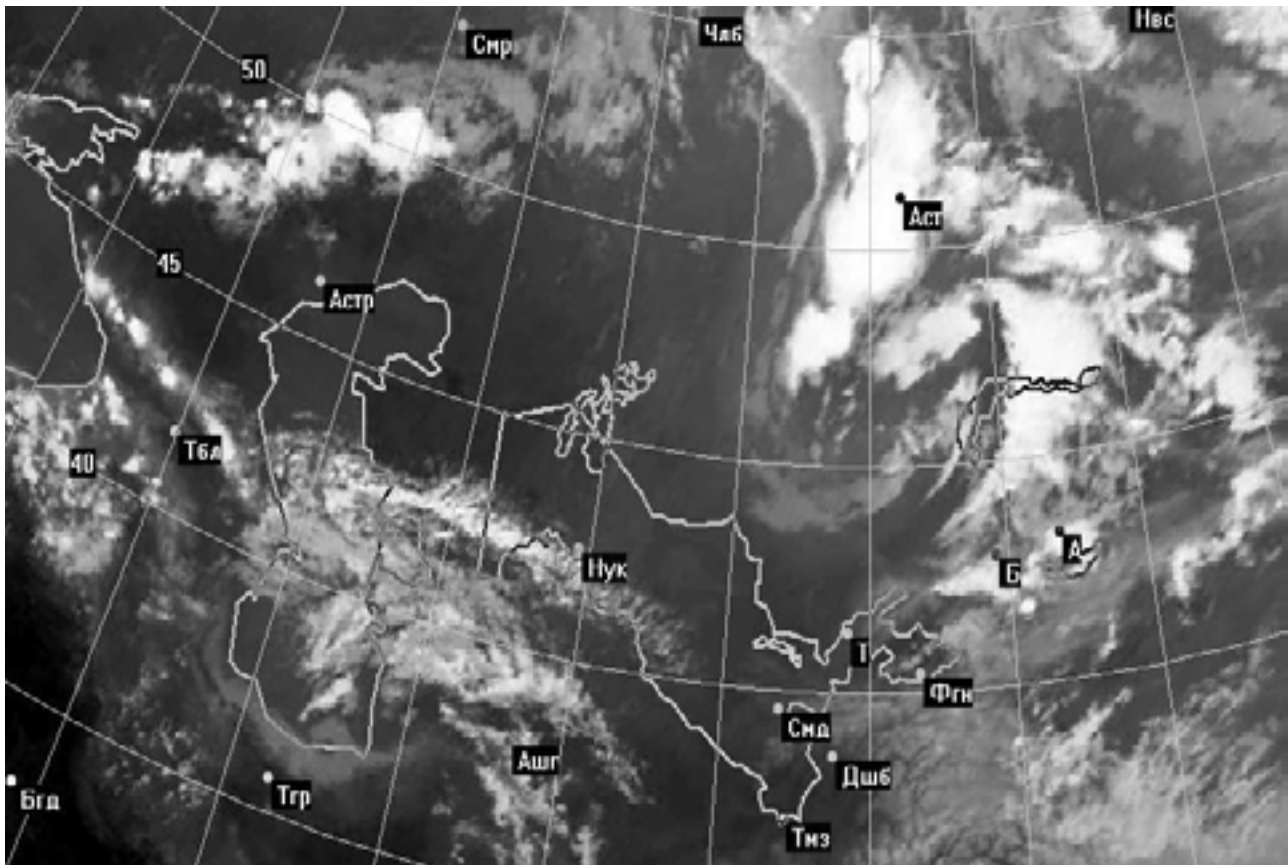


Рис. 18. Спутниковый снимок РСМЦ ВМО (г. Ташкент, Узгидромет) за 15 ч ВСВ 02.07.2020 г.

На картах АТ500-АТ300 гПа центр высотного циклона располагался в районе Норвежского моря. Его глубокая ложбина охватывала практически всю территорию Казахстана. Ось ложбины проходила через Скандинавский полуостров–Архангельск–Сыктывкар–Екатеринбург–Костанайскую область на Центральный Казахстан.

На карте ОТ500/1000 очаг холода был расположен над Карским морем. Ось глубокой ложбины холода была ориентирована на Аральское море и проходила через Обскую губу–Ханты-Мансийск–Костанайскую и Актюбинскую области (рис. 19).

Таким образом, вторжение холодных воздушных масс в тыл Южного циклона, вызвало в Акмолинской области увеличение градиентов давления до 25 гПа/500 км, большие контрасты температур до 10 градусов и более, при которых прошли ливни с грозами и усилением ветра.

**Отмечались случаи выпадения локальных осадков, когда их количество превысило месячную норму.** В Мангистауской области 5...6 августа 2020 г. наблюдался очень сильный дождь с грозой. В результате выпало более 7 месячных норм осадков. На МС Форт-Шевченко 5 августа зафиксировано 23 мм осадков, при кли-

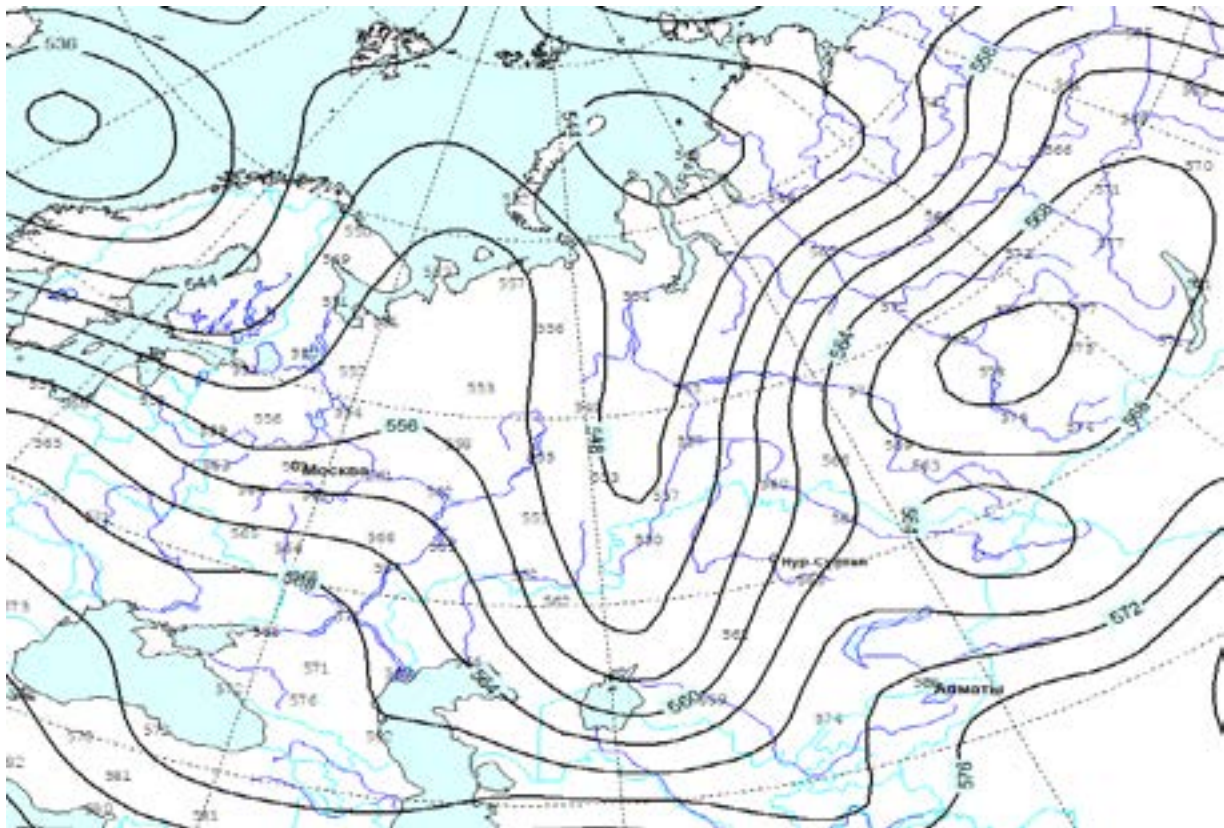
матической норме за месяц 7 мм. А на МС Актау 06 августа за 6 часов выпало 66 мм, при норме 6 мм, что больше нормы за месяц в 11 раз. В Костанайской области 27 июля на МС Тобол за 4 часа выпало 61 мм осадков, при норме за месяц 49 мм, в Кызылординской области 28 апреля на МС Казалы за 4 часа выпало 54 мм осадков, при норме 17 мм.

Рассмотрим синоптическую ситуацию локального дождя, который отмечался 06 августа в 15 ч 31 мин ВСВ в Мангистауской области на МС Актау, где за 6 часов выпало 11 месячных норм сильного дождя.

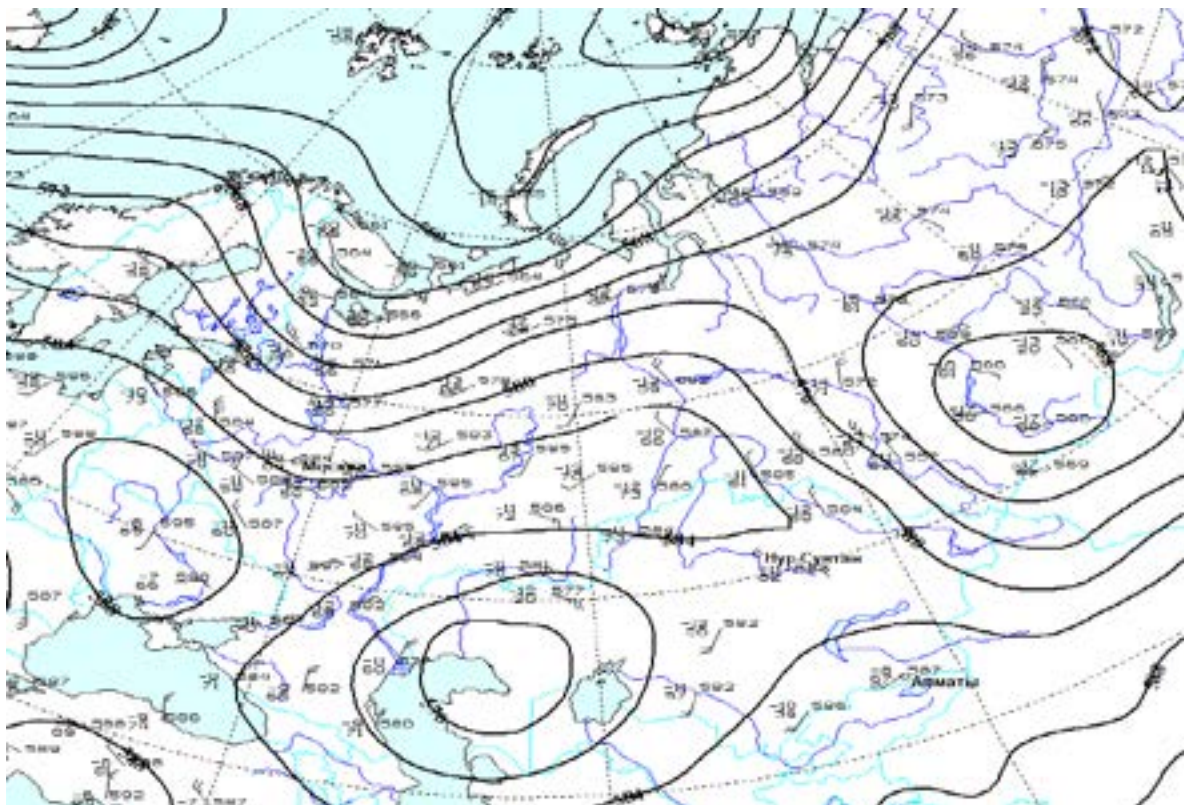
На кольцевой карте за 06 августа 15 ч ВСВ на востоке Актюбинской области в глубокой ложбине Южного циклона на волне полярного фронта образовался частный центр циклона ( $P=1005$  гПа). На протяжении 6 ч циклон стационарировал, а холодный участок этого фронта, проходивший через г. Актау был малоподвижен.

Анализ карт барической топографии показал, что этот циклон высокий, прослеживается от 1,5 км (АТ850 гПа) до 9 км (АТ300), это говорит о том, что циклон расположен квазивертикально, следовательно, малоподвижен (рис. 20). На карте ОТ500-1000 гПа высотному циклону

соответствовал очаг холода. Высотный барический и термический центры располагались непосредственно над Мангистауской областью (рис. 21).



**Рис. 19.** Карта OT500/1000 за 12 ч ВСВ 13.05.2020 г.



**Рис. 20.** Карта AT500 гПа за 12 ч ВСВ 06.08.2020 г.

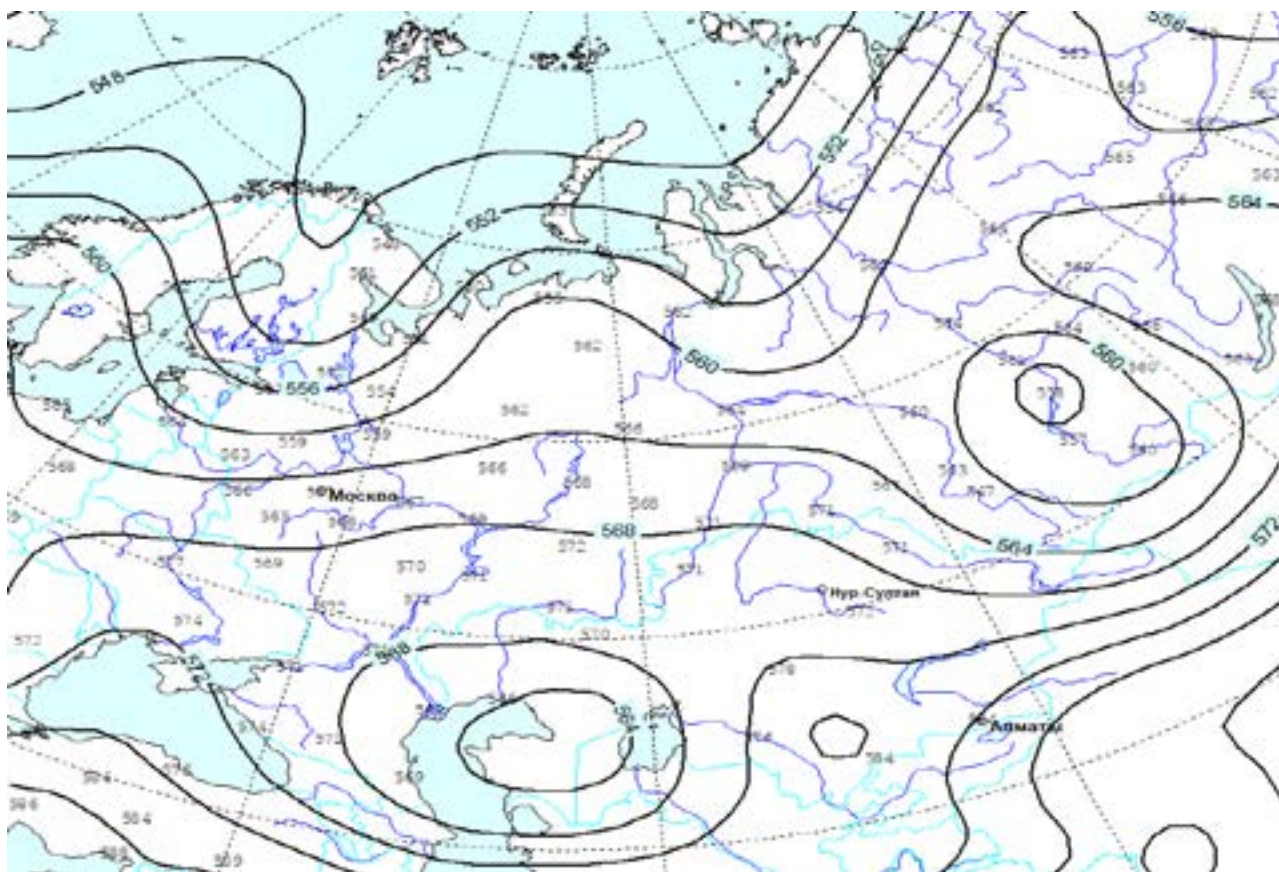


Рис. 21. Карта OT500/1000 гПа за 12 ч ВСВ 06.08.2020 г.

Спутниковые фотоснимки облачности отличаются от наземных наблюдений тем, что дают целостную картину распределения облаков над обширными территориями, соизмеримыми с основными синоптическими объектами. Это позволяет по характеру рисунка изображения на снимках изучать неоднородность облачного покрова различного масштаба, многие из которых для дискретных наземных наблюдений являются практически неуловимыми.

Активизация фронтов над территорией Казахстана часто происходит за счет формирования облачного вихря в тылу фронтальной облачной полосы. Как следует из анализа представленного снимка (рис. 22), вихрь обусловлен циклоническим характером циркуляции. В данном случае с прохождением холодного фронта, в тылу которого сформировался облачный вихрь, отмечался очень сильный дождь. По площади (размеру) облачного вихря прослеживается интенсивный фронтогенез над Мангистауской областью.

Более теплая поверхность водоема Каспийского моря активизирует восходящие движения и облакообразование. Испарение при этом, особенно к концу лета, заметно увеличивается по сравнению с началом теплого периода, что спо-

собствует осадкообразованию.

Таким образом можно сделать следующие выводы: неустойчивая стратификация атмосферы при прогревании воздуха у земли в дневные часы, наличие очага холода на высоте, создали исключительно благоприятные условия для очень сильного дождя, который достиг критерия стихийного явления в г. Актау 06 августа 2020 г.

Ущерб, нанесенный городу: затоплено 12 участков, 5 из которых проезжая часть автомобильных дорог, было откачено 13 700 м<sup>3</sup> воды, протекли крыши некоторых многоквартирных домов, затопив подьезды.

**Град.** В 2020 году отмечалось 3 случая выпадения сильного града: в Кызылординской области на МС Казалы 01 июля, в Восточно-Казахстанской области на МС Селезневка 29 июля и в Костанайской области на МС Карасу 12 мая. Размер градин был 22...23 мм. Град выпадал в дневное время суток с 08 ч до 14 ч ВСВ, продолжительностью 2...5 минут.

В качестве примера рассмотрим случай выпадения града 12 мая (диаметром 22 мм) в Костанайской области на М Карасу.

Вероятность выпадения града увеличивается, если на карте на АТ850 гПа (1,5 км) наблю-

дается адвекция тепла, а на карте АТ500 гПа (5,5 км) – адвекция холода (рис. 23).

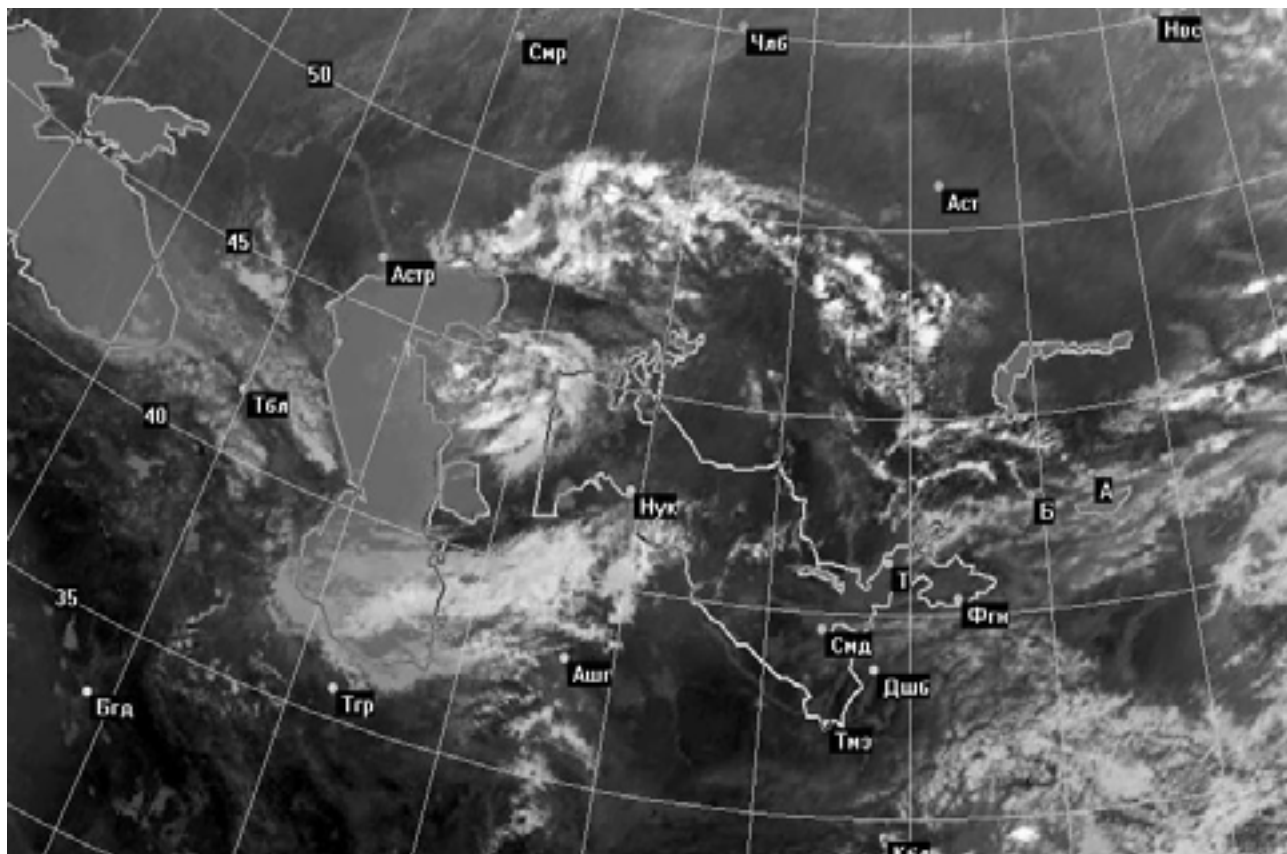


Рис. 22. Спутниковый снимок РСМЦ ВМО (г. Ташкент, Узгидромет) за 15 ч ВСВ 06.08.2020 г.

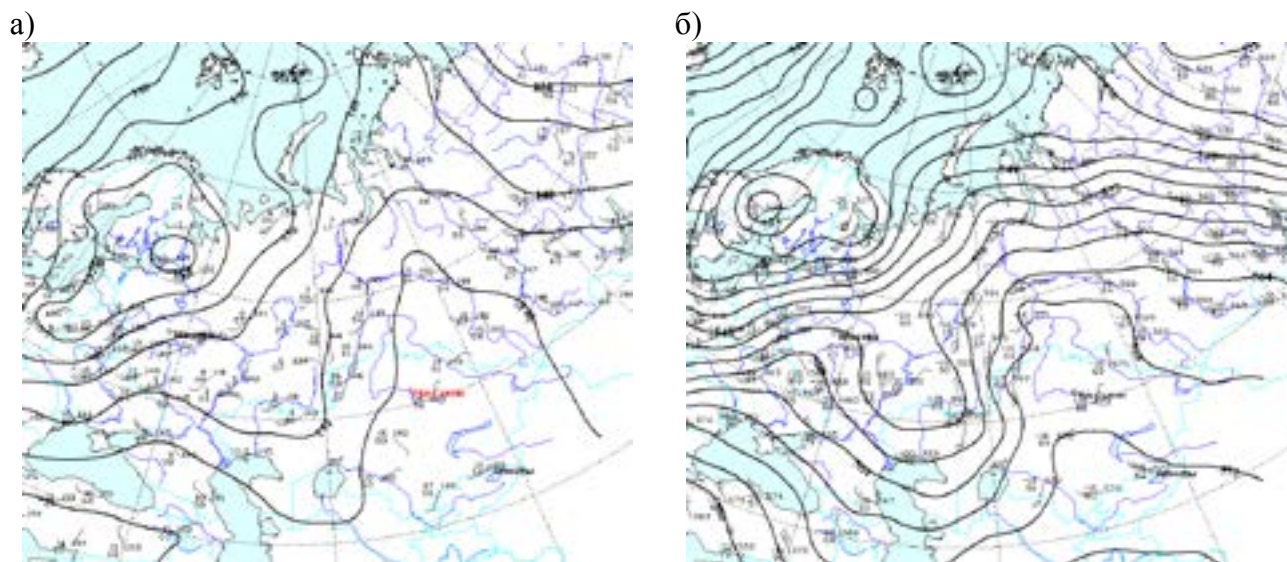


Рис. 23. Карта АТ 850 (а) и АТ500 (б) за 00 ч ВСВ 12.05.2020 г.

Район выпадения града находился на юго-восточной периферии глубокой ложбины высотного циклона, в то время как на восточной половине Казахстана прослеживался высотный гребень. Встреча разнородных воздушных масс способствовала формированию над районом выпадения града контрастной ВФЗ, ориентированной с юго-запада на северо-восток. Сту-

щение изогипс на карте АТ500 гПа достигало 12...20 дкм.

Под ВФЗ у поверхности земли параллельно потокам лежал холодный полярный фронт, в тыл которому вторгался хорошо увлажненный воздух (рис. 24).

Кроме прохождения обостряющегося холодного полярного фронта, во второй половине

дня немаловажную роль сыграла термическая конвекция. Резкая смена температуры воздуха в слое от поверхности земли ( $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) до высоты 5 км ( $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), способствовала интенсивному перемешиванию, а, следовательно, развитию мощной конвекции во второй половине дня.

Как видно на рис. 25, полоса облачности, соответствующая полярному фронту у земли, проходит почти меридионально, через Костанайскую и Карагандинскую области на южные

регионы Казахстана. Наибольшее развитие кучево-дождевой облачности достигается в около полуденные часы. Градобитию предшествовали увлажнение воздуха в утренние часы и сильный дневной прогрев воздуха до  $+27\text{ }^{\circ}\text{C}$ , все это создало условия для возникновения вертикальных восходящих токов и образованию мощной кучево-дождевой облачности. Выпадение града было обусловлено прохождением холодного участка полярного фронта через пункт.

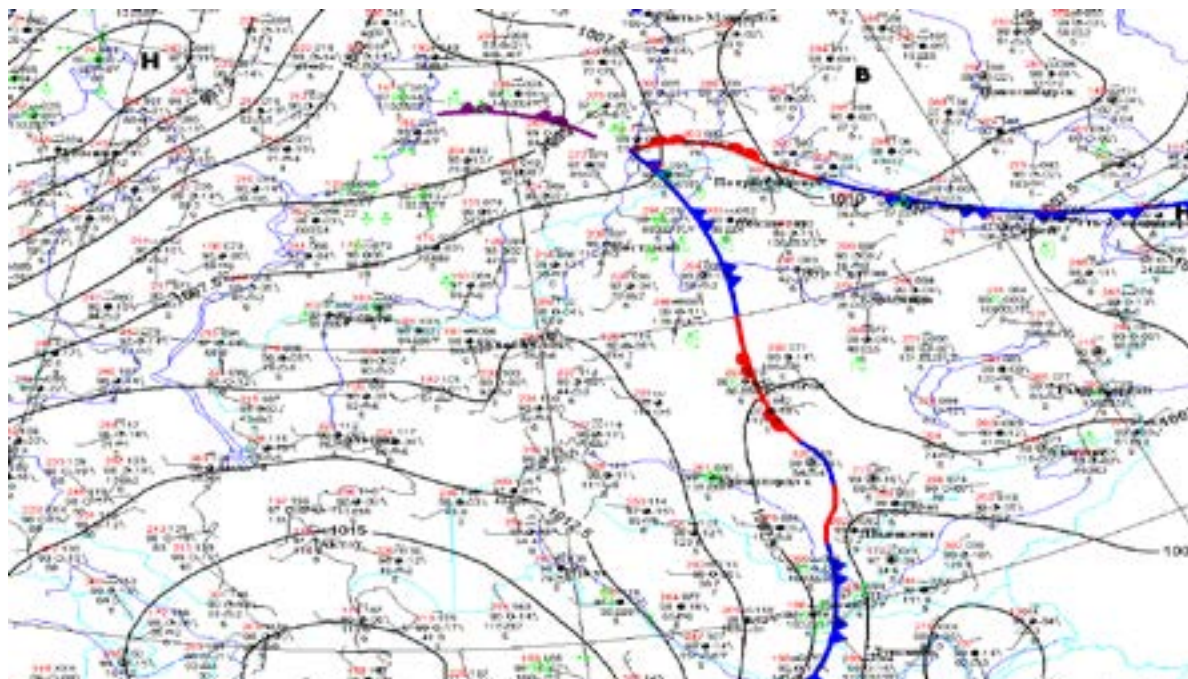


Рис. 24. Кольцевая карта погоды за 12 ч ВСВ 12.05.2020 г.

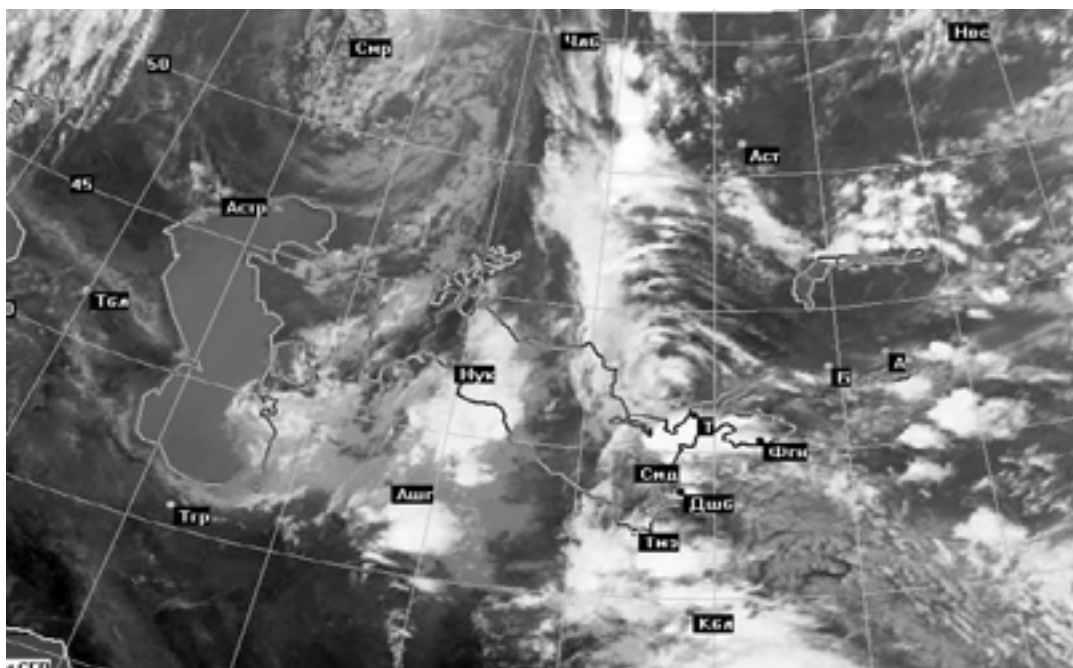


Рис. 25. Спутниковый снимок РСМЦ ВМО (г. Ташкент, Узгидромет) за 12 ч ВСВ 12.05.2020 г.

Таким образом, следует, что выпадение града наблюдается, как правило, в летнее время днём из мощных кучево-дождевых облаков, сильно развитых вверх, обычно при ливнях и грозах, при прохождении холодных фронтов с волнами, характеризующимися большими контрастами температуры, хорошо выраженных фронтов окклюзии по типу холодного. Продолжительность выпадения: от нескольких минут до полчаса, чаще всего 5...10 мин, и очень редко – около 1 часа и более.

Ущерб, нанесенный градобитием в Костанайской области около МС Карасу 12 мая: обрыв электрических проводов, побиты машины, стекла домов, посевы в огородах.

В 2020 году количество стихийных гидрометеорологических явлений, зарегистрированных на метеорологических станциях РГП «Казгидромет» составило 110 явлений. За последние 10 лет наименьшее количество стихийных гидрометеорологических явлений наблюдалось в 2019 году. Общее количество в этот год составило 92 СГЯ.

### Обзор стихийных гидрологических явлений

**Стихийные гидрологические явления в 2020 году.** Зима 2019/2020 гг. на территории Казахстана была многоснежной. Процесс снегонакопления начался в начале первой декады ноября. В середине первой и в начале второй декады ноября устойчивый снежный покров установился в Карагандинской, Акмолинской, Костанайской, Северо-Казахстанской областях; в Актыбинской области в конце второй декады ноября; в Западно-Казахстанской области в конце третьей декады ноября и в начале первой декады декабря.

В 2020 г. на большей территории республики в первой декаде марта начался процесс снетаяния. Сход снежного покрова на большей части Западно-Казахстанской области к концу февраля уже завершился, только на северо-востоке области снежный покров сохранялся до конца первой декады марта; в Атырауской и Актыбинской областях снежный покров сошел во второй-третьей декадах марта; в Карагандинской, Акмолинской, Костанайской и Северо-Казахстанской областях – в первой декаде апреля.

Особенностью 2020 года считается то обстоя-

тельство, что при значительных запасах воды в снеге (в некоторых бассейнах они превышали многолетние нормы) и значительном увлажнении, промерзании почвы, благодаря благоприятному температурному режиму (положительные дневные и отрицательные ночные температуры воздуха) не сформировалось экстремальное половодье. Этому способствовало постепенное повышение температуры весной и уменьшение снежной массы за счет выветривания.

Особой водностью в половодье 2020 года отличилась р. Улкен Кундузды (Карагандинская область), где в течение нескольких суток уровни находились выше опасных отметок.

Весеннее половодье в Западно-Казахстанской области началось в начале апреля. Объем снеготаяния в бассейнах рек области были ниже многолетних норм на 20...30 %. Это обусловлено низкими значениями осеннего увлажнения почвы, которое было ниже нормы в 1,5...2,0 раза, а также сложившимися климатическими условиями. В результате в период половодья в этом регионе не было превышений опасных отметок на реках и подтоплений. На реке Жайык в пределах Западно-Казахстанской области период половодья пришелся на третью декаду марта. На разных участках реки отмечались постепенные небольшие подъемы уровней воды, которые продолжались до середины мая, превышений опасных отметок не зафиксировано. На большинстве рек региона (Деркул, Шаган, Утва, Оленты и т.д.) половодья не наблюдалось, значительного увеличения водности не отмечалось, превышений опасных отметок и подтоплений не было.

Зима 2019/2020 гг. на территории Актыбинской и Атырауской областей была поздней и малоснежной относительно многолетних норм с экстремально повышенным фоном температуры воздуха. В марте-апреле в регионе наблюдался переходный температурный режим (положительные дневные и отрицательные ночные температуры воздуха, значительное колебание суточных температур), что способствовало к затяжному, медленному таянию снега и постепенному повышению уровней воды на отдельных реках. В южных регионах области снежный покров растаял еще до начала весны. Период половодья также прошел спокойно. На большинстве рек (Уил, Иргиз, Орь и др.) половодья не было и вовсе, а наблюдались только небольшие

колебания уровней до 3...5 см. Гидрологическая обстановка на р. Илек в пределах Актюбинской области оставалась стабильной, объемы воды в Актюбинском, Каргалинском водохранилищах по окончании половодья были меньше проектных значений, вынужденных сбросов не проводилось. На реке Эмба в Атырауской области также сохранялись низкие уровни воды, подтоплений и превышений критических значений, заторов не происходило.

В Карагандинской области на р. Сарысу наблюдалась низкая водность, а в нижних течениях (ГП Кызылжар) до 1 апреля отмечалось промерзание реки до дна. Пик половодья пришелся на 6 апреля, максимальная водность составила 93,1 м<sup>3</sup>/сек.

Отсутствием стока до 5 апреля отличилась р. Кенгир. Половодье на р. Кенгир началось 6 апреля, и в этот же день отмечена максимальная водность (ГП Алгабас – 40,6 м<sup>3</sup>/сек, Малшыбай – 224 м<sup>3</sup>/сек), после чего уровни воды пошли на спад.

Река Токырыуын пробудилась в 5 числах апреля, пик половодья зафиксирован 9 апреля, максимальная водность составила 50,9 м<sup>3</sup>/сек.

На реках Костанайской, Акмолинской и Северо-Казахстанской областей половодье началось в первой декаде апреля.

На р. Есиль в первой декаде апреля начали наблюдаться ослабления ледовых явлений и подъемы уровней воды.

В период половодья на большинстве рек данной территории наблюдались максимальные уровни воды, которые превышали опасные отметки.

8 апреля на р. Есиль – ГП Тургень уровень воды превысил опасную отметку в 450 см и составил 460 см, однако подтоплений не было.

9 апреля на р. Селеты-П Бестогай уровень воды превысил опасную отметку, что привело к подтоплению насыпной автодороги между с. Бестогай и с. Байсары, угрозы подтопления поселка не было.

10 апреля на р. Калкутан – ГП Калкутан уровень воды поднялся на 240 см и в последующие 7 дней превышал опасную отметку, наблюдалось подтопление огородов, находящихся в пойме реки. Максимальный уровень воды наблюдался 14 апреля и составил 626 см.

12 апреля на р. Жабай – ГП Атбасар уровень воды поднялся до отметки 662 см (опасная отметка 650 см), и превышал опасную отметку

в последующие 4 дня. Максимальный уровень воды наблюдался 14 апреля – 690 см.

Во второй декаде апреля на р. Есиль ниже Сергеевского водохранилища в связи с повышенными сбросами и переливом из водохранилища наблюдались подъемы уровней воды и превышение критической отметки на ГП Покровка, Петропавловск. Происходили выходы воды на пойму у сел Покровка, Заречный и в г. Петропавловск. 17 апреля наблюдался выход воды на асфальт на участке 528 км автодороги международного значения Челябинск–Новосибирск, затопило 2300 дачных строений.

3 мая на р. Нура – ГП с. Коргалжын уровень воды составил 711 см, что превысило критическую отметку на 11 см, в результате произошло подтопление малого моста в с. Коргалжын.

К концу второй декады апреля наблюдалось полное разрушение ледового покрова.

В бассейнах рек Костанайской области осеннее увлажнение почвы и объемы накопленных влагозапасов были в пределах и ниже нормы. На реках Костанайской области весна была маловодной, подтоплений не наблюдалось.

В Восточно-Казахстанской области снегозапасы на 1 апреля 2020 г. были выше нормы.

К первой декаде апреля 2020 г. в Восточно-Казахстанской области в связи с ослаблением ледовых явлений наблюдались краткосрочные паводки. Происходили значительные подъемы уровней воды на реках Буктырма, Тургысын, Аксу, Киши Ульби, Абылайкит, Глубочанка, Красноярка, Древсянка, Шар, Ульби, Оби до 1,5 м. Во второй декаде апреля на р. Ертис в пределах Павлодарской области, в связи с увеличением сбросов из Шульбинского водохранилища, отмечались подъемы воды до 1 м. В Восточно-Казахстанской области реки полностью очистились ото льда в начале третьей декады апреля, в Павлодарской области – в первой декаде апреля.

Во второй декаде апреля в Восточно-Казахстанской области из-за выпадения значительных осадков отмечались подъемы уровня воды на 0,2...1,5 м на реках Ульби, Уба, Улькен Букен, Киши Ульби, Буктырма, Тургысын, Глубочанка. В связи с прошедшими сильными дождями 25...26 сентября на реках Ульби, Оби, Кара Ертис, Буктырма, Киши Ульби, Тургысын, Глубочанка, Киши Убинка происходили подъемы уровней воды на 0,1...1,5 м. С 13 по 15 октября на реках Оби, Ульби, Киши Ульби уровни воды

поднялись на 0,2...0,4 м. Превышений опасных отметок уровней за теплый период в бассейне р. Ертис на территории Восточно-Казахстанской и Павлодарской областей не наблюдалось.

В апреле на р. Сырдария в пределах Кызылординской области наблюдались подъемы уровней воды на 2,7 м. В период 7...15 апреля, 14...15 мая, в связи с сильными дождями, на реках Келес и Арысь в Туркестанской области уровень воды поднялся на 1,3...2,1 м.

15 мая в Талгарском районе Бесагашского с/о из-за обильных осадков (с 21.00 ч на г/п Бесагаш выпало 10,8 мм) сформировался склоновый сток в виде дождевых вод с примесью глино-каменной смеси. Подтопления дворовых территорий не было.

Обзор состояния лавинной опасности в 2020 году. Апрель был относительно теплым. Начиная с 17 апреля, все среднесуточные температуры воздуха превышали 0 °С, из-за теплой погоды снеготазы на склонах гор резко пошли на убыль, так и не достигнув нормативных значений. Снежный покров сохранился только в высокогорной зоне выше 2500 м н.у.м. Количество осадков было меньше среднегодовых значений (в среднем 80 % от нормы). В апреле наблюдалась высокая активность схода лавин. В бассейне р. Улкен Алматы зарегистрирован сход лавин объемами от 20 до 7000 м<sup>3</sup>, в бассейне р.

Киши Алматы сходили 7 лавин объемом от 150 до 13000 м<sup>3</sup>. Одна из сошедших масс объемом в 6,5 тыс. м<sup>3</sup> (выше плотины Медеу) сошла в русло реки, не перекрыв его. Причинами схода лавин являлись оттепель и интенсивные смешанные осадки (за 2 дня выпало 35...58 % нормы осадков) на фоне оттепели.

В мае лавины сходили вне зоны ответственности снеголавинных станций – в гляциальной зоне, где лавины могут сходить круглогодично.

В сентябре-октябре устойчивый снежный покров в горах еще не образовался. Сведений о сошедших лавинах не поступало. С ноября по декабрь схода снежных лавин не зафиксировано.

### Обзор состояния водной поверхности казахстанской части Каспийского моря в 2020 г.

В последнее десятилетие фоновый уровень Каспийского моря имеет устойчивую тенденцию к снижению. Падение уровня моря за период с 2005 по 2020 гг. составило 133 см. В результате падения уровня моря площадь водной поверхности сократилась, в основном за счет мелководной северо-восточной части. Анализ космических снимков показывает, что в этой части моря береговая линия отступила более чем на 25 км (рис. 26).



Рис. 26. Положение уровня Каспийского моря.

В соответствии с данными, национальных гидрометеорологических организаций прикаспийских государств, средний годовой уровень Каспийского моря в 2020 г. снизился и составил -28,24 м БС, для сравнения средний годовой уровень моря в 2019 г. составлял -28,21 м БС. Сравнение внутригодового изменения среднего уровня Каспийского моря в 2019 г. и 2020 г. представлено на рисунке 27.

В 2020 г. уровень Каспийского моря в его северо-восточной мелководной части колебался около отметки минус 28,13 м БС в пределах

значений минус 27,24 м БС и минус 29,28 м БС. В глубоководной казахстанской части Каспийского моря среднее значение уровня моря соответствовало отметке минус 28,25 м БС с максимальным значением при подъеме – минус 27,68 м БС и минимальным при спаде – минус 28,81 м БС.

**Сгонно-нагонные явления на Каспийском море.** У казахстанского побережья Северного Каспия в 2020 г. было зафиксировано 36 случаев с нагонными явлениями, и 56 случаев с ветровым сгоном воды. Наиболее опасные



явления наблюдались 27...29 июня, 14...19 июля, 6...9 августа, 20...23 августа, 25...28 сентября, 25...27 октября, 1...8 декабря. Так, 14...19 июля МС Пешной зафиксировала повышение уровня воды до отметки 99 см, вызванный устойчивым воздействием юго-западного ветра со скоростью 14 м/с. 20...23 августа МС Пешной зафиксировал критическое падение уровня воды до 123 см, вызванное северным направлением ветра.

**Ледовая обстановка на Каспийском море.**

Зима 2019/2020 гг. на Каспийском море по сумме отрицательных температур воздуха в холодное полугодие и степени распространения границы льда была мягкой и теплой с неустойчивым ледовым покровом в северной мелководной части Каспийского моря. 17 ноября были зафиксированы первые ледовые явления, 22 ноября образовался первый припай, а к середине декабря 2019 г. он установился вдоль всего северо-восточного побережья Каспийского моря (рис. 28).

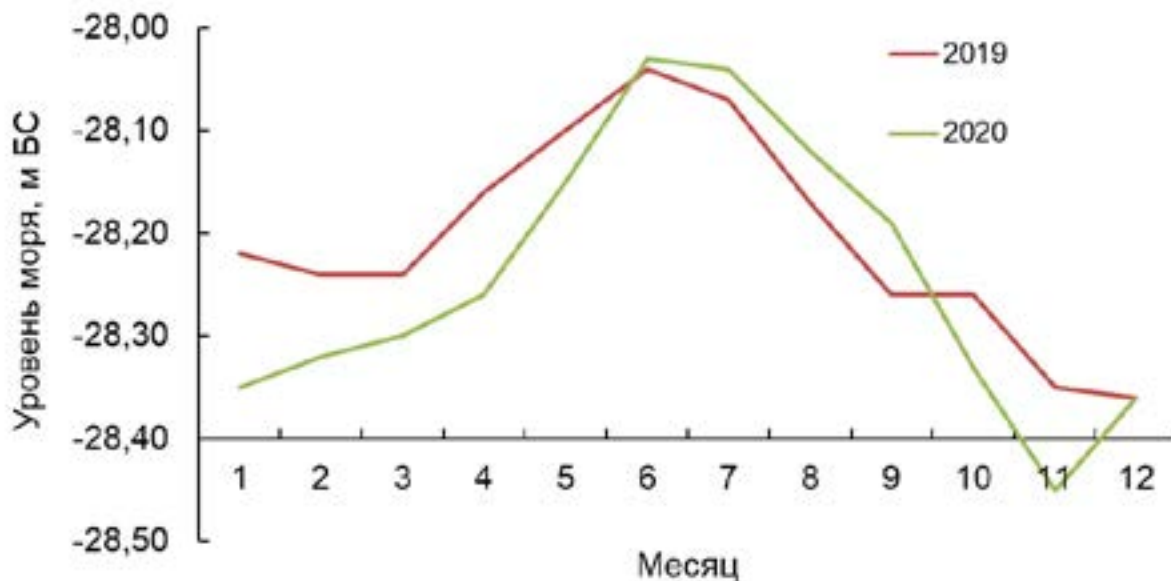


Рис. 27. Сезонные изменения среднего уровня Каспийского моря в 2019 и 2020 гг.



Рис. 28. Установление ледового покрова на акватории Северного Каспия, 3 января 2020 г. (Снимок проекта «MODIS Rapid Response Project at NAGA/GSFC»).

Максимальное значение толщины льда зафиксировано у северо-восточного побережья Северного Каспия в середине января 2020 г. в районе М Пешной – 10 см, в районе МГП Жанбай – 16 см. У восточного побережья Северного Каспия в течение всего ледового периода полного замерзания не произошло. 29 февраля 2020 г. припай полностью разрушен в районе М Пешной. Северное побережье Каспийского моря полностью освободилось ото льда 9 марта 2020 г.

### **Обзор стихийных агрометеорологических условий**

**Агрометеорологический обзор.** Зимний сезон 2020 года был рекордно теплым практически на всей территории Казахстана и экстремально теплым в Кызылординской, Жамбылской, Карагандинской, Павлодарской и Туркестанской областях. Сезонные суммы осадков в зимний период 2019/2020 гг. были ниже нормы только в Мангистауской области, около нормы в Западно-Казахстанской, Атырауской, Жамбылской и Алматинской областях, на остальной территории наблюдался избыток осадков, а в Акмолинской и Павлодарской областях было рекордно влажно.

**В декабре** на юге и юго-востоке республики в районах возделывания озимых культур температурный фон был выше нормы, осадков выпало около нормы. Понижение температуры воздуха в ночное время суток до минус 16...18 °С, местами 21...24 °С (Алматинская область), при отсутствии снежного покрова могло привести к вымерзанию озимых культур на юге и юго-востоке страны. Интенсивные оттепели в Алматинской (МС Жаланаш, МС Сарканд, МС Талдыкорган, МС Кыргызсай) и Туркестанской (МС Тасарык, МС Т.Рыскулова) областях в течение 2...6 дней привели к возобновлению вегетации озимой пшеницы на наблюдаемых участках, что могло повлиять на зимостойкость слабо развитых посевов озимой пшеницы (фаза: всходы – 3-й лист). В Западно-Казахстанской области в районах возделывания озимых зерновых культур (АМП Погодаево) при высоте снежного покрова 3 см и низкой температуре могло привести к изреженности или полной гибели озимых культур, на других участках сохраняется устойчивый снежный покров, который оказывает защитное

влияние на растения. Минимальная температура почвы на глубине узла кущения озимой пшеницы в основном колебалась в 1-й декаде декабря в пределах от 0 °С до минус 3 °С, в предгорных районах Жамбылской области до минус 9 °С, а во второй декаде декабря в пределах от минус 5 °С до плюс 1 °С. В декабре на всей территории пастбищного животноводства проводился выпас животных. В большинстве пунктов наблюдения пастбищного животноводства отмечалось в основном удовлетворительное состояние травостоя, пастбища были умеренно стравлены.

**В январе** на юге, юго-востоке и западе республики в районах возделывания озимых культур, преобладала погода теплее обычной, температурный фон в 1 и 2 декадах был выше нормы на 1...4 °С, в предгорных районах юга и юго-востока ниже среднесезонных значений на 1 °С, в 3 декаде в основном выше нормы на 3...8 °С. Количество осадков в 1 и 2 декадах выпало ниже нормы, и только на юге и юго-востоке выше нормы, а в 3 декаде прошли повсеместно обильные осадки, что улучшило формирование запасов влаги в почве.

Устойчивый снежный покров отмечался в 1 и 2 декадах на полях с озимыми культурами в Алматинской области. К третьей декаде снежный покров в основном отсутствовал из-за интенсивных оттепелей, местами достигая 2...6 см, и только в Западно-Казахстанской области в районах возделывания озимых зерновых культур устойчивый снежный покров сохранился и составил 15...19 см.

На преобладающей территории пастбищного животноводства в январе месяце проводился выпас животных, в стойловом содержании продолжали содержаться животные в Аркалыкском районе Костанайской области (МС Екидын) и Айтекебийском районе (МС Баскудук) Актыбинской области. В третьей декаде января из-за сильного бурана не выпасались животные 1 сутки в Улытауском (МС Жетыкконур) и Шетском районах (МС Бектауата) Карагандинской области.

Плохое состояние травостоя отмечалось в Казталовском (МС Жалпактал) и Жанибекском (МС Жанибек) районах Западно-Казахстанской области, в Иргизском районе Актыбинской области (МС Нура) и в Каратальском районе Алматинской области (МС Акжар), на остальной территории пастбищного животноводства от-

мечалось удовлетворительное состояние травостоя, пастбища умеренно стравлены почти на всей территории пастбищного животноводства. Начиная с конца 1 декады января отмечалось мерзлое состояние дернины, в конце 2 декады января только вокруг МС Карак Кызылординской области отмечалась сухая дернина, а в конце 3 декады января сырое состояние дернины отмечалось только в Мангистауском и Бейнеуском районах Мангистауской области.

В течении **февраля** месяца температурный фон в районах возделывания озимых культур был выше среднеголетних декадных значений на 4...9 °С, в третьей декаде Западно-Казахстанской области аномалии температуры воздуха увеличились до 7...10 °С. Количество осадков в 1 первой декаде были ниже нормы, во 2 и 3-ей декадах повсеместно превышали декадные нормы.

Устойчивый снежный покров в первой и второй декадах (10...22 см) сохранялся в Западно-Казахстанской области, в третьей декаде положительная температура воздуха способствовала таянию снега и устойчивый снежный покров наблюдался только в окрестностях МС Чингирлау Чингирлауского района.

В конце февраля в Туркестанской области на наблюдаемых участках отмечается возобновление вегетации озимых культур. Состояние растений в основном хорошее, посевы в окрестности МС Шымкент удовлетворительные. Состояние трав люцерны в основном хорошее, местами удовлетворительное.

В большинстве пунктов наблюдения пастбищного животноводства проводился выпас животных, на стойловом содержании продолжают содержать животных местами в Актюбинской, Костанайской и Карагандинской областях.

Весна 2020 года в западных областях наступила раньше среднеголетних сроков, в северных и южных областях – около среднеголетних сроков. Устойчивый переход температуры воздуха через 0 °С наступил в горных районах в первой декаде апреля, на остальной территории Казахстана – в различные периоды начиная с конца февраля и по третью декаду марта месяца: в Западно-Казахстанской области в начале третьей декады февраля, в Актюбинской области, в начале второй декады марта, в Карагандинской и в северных областях, с третьей декады марта.

Устойчивый переход температуры воздуха

через плюс 5 °С в сторону повышения наблюдался во второй декаде марта в Карагандинской области, в конце третьей декады марта в Западно-Казахстанской, Актюбинской, Костанайской, Павлодарской и Восточно-Казахстанской областях, в начале первой декады апреля в Акмолинской и Северо-Казахстанской областях, в горной местности в начале мая (МС Кеген), на остальной территории в начале первой декады марта месяца.

Повышенный температурный фон в зимний период, в марте и в начале апреля способствовал быстрому таянию снежного покрова. В феврале месяце в южной половине Казахстана наблюдался дефицит снежного покрова. В южных регионах республики поля местами начали освобождаться от снега в конце февраля, а повсеместно в начале марта. Поэтому к весенне-полевым работам в этом регионе приступили раньше обычного, в некоторых районах в обычные сроки. Посев яровых зерновых культур завершили в первой декаде мая, кроме Алматинской области, где метеорологические условия несколько сдерживали завершение полевых работ, в предгорных районах приступили к севу теплолюбивых культур.

В северной половине республики во второй декаде мая приступили к массовому севу яровых зерновых культур и завершили его в конце мая в начале июня.

В начале вегетационного периода по всей территории Казахстана отмечалась жаркая с кратковременными осадками погода, кроме Восточно-Казахстанской области, местами в Акмолинской и Карагандинской областях, где осадки выпали выше нормы, ночные заморозки до минус 2 °С отмечались в некоторых районах Северо-Казахстанской и Акмолинской областей. В течение июля месяца в основном по всей территории Казахстана отмечалась высокая температура воздуха в дневное время суток (35...40 °С), такая ситуация была особенно опасна при переходе точки роста из вегетативной стадии в репродуктивную, обильные осадки прошли в начале первой декады июля.

Метеорологические условия августа месяца были благоприятны для налива зерна, росту и развитию теплолюбивых культур, завершению уборки зерновых культур на юге (кроме Алматинской области), выпавшие осадки несколько сдерживали проведение уборочных работ на се-

вере, западе и местами в центре и на востоке.

В сентябре завершили уборку зерновых культур в Западно-Казахстанской области и в южных регионах страны, кроме предгорных районов Алматинской области, в северных областях в конце сентября в начале октября при благоприятных условиях погоды.

Осенью 2020 года по результатам обследования в метровой глубине почвы недостаточные запасы влаги сложились в Западно-Казахстанской, Актюбинской, Карагандинской, Павлодарской и Восточно-Казахстанской областях. Несколько лучше условия влагонакопления были в остальных наблюдаемых областях, где влагозапасы были от оптимального до недостаточного.

Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 10 °С в осенний период, характеризующий завершение периода активной вегетации растений, на преобладающей территории Казахстана наступил в обычные сроки (в конце сентября). На юге-востоке и западе республики он отмечался в начале октября, на юге – в конце октября – в начале ноября.

**Атмосферная засуха.** Атмосферная засуха – это длительная (многодневная, многомесячная, многолетняя) аномально сухая погода обычно с повышенными температурами воздуха, с отсутствием или незначительным количеством атмосферных осадков, приводящая к истощению запасов влаги в почве и резкому снижению влажности воздуха.

В период вегетации сельскохозяйственных культур на большей части территории республики наблюдались отсутствие эффективных осадков и длительный повышенный температурный фон, особенно в июле месяце, где отмечалась высокая температура воздуха в дневное время суток до 35...40 °С. Такая ситуация особенно была опасна при переходе точки роста из вегетативной стадии в репродуктивную. Высокая температура в этот период приводит к резкому снижению количества колосков в колосе или к тому, что они вообще не сформируются, в период удлинения стебля может отрицательно повлиять на количество сформированных цветков в колосках, а во время цветения к уменьшению продуктивности колоса.

Засуха в летний период оказывает значительно большее отрицательное воздействие на растения, чем весенняя и осенняя, т.к. наблюдается в период формирования урожая сельскохозяй-

ственных культур, что вызывает череззерницу, пустоколосость и щуплость зерна.

В результате практически на всей территории Казахстана наблюдалась атмосферная засуха. Атмосферная засуха наблюдалась на территории:

**Акмолинской области:** в Аккольском (МС Акколь), Астраханском (МС Жалтыр), Атбасарском (МС Атбасар), Егиндыкольском (МС Егиндыколь), Есильском (МС Есиль), Жаксынском (МС Кийма), Жаркайынском (МС Тасты-Талды) районах и вокруг г. Кокшетау (МС Кокшетау).

**Актюбинской области:** Алгинском (МС Ильинский), Мугалжарском (АМП Джурун) и Кобдинском (МС Новоалексеевка) районах.

**Алматинской области:** Жамбылском (МС Аксенгир, Узынагаш, АМП Аккайнар), Балхашском (МС Баканас), Энбекшиказахском (МС Есик, МС Шелек), Уйгурском (МС Кыргызсай) и Талгарском (МС Талгар) районах.

**Восточно-Казахстанской области** в районах: Аягосском (МС Аягос), Бескарагайском (МС Семиярка), Бородолихинском (МС Дмитриевка), Глубоковском (АМП Секисовка), Жарминском (МС Жангизтобе), Зайсанском (МС Зайсан), район Алтай (МС Зыряновск), Катон-Карагайском (МС Улькен-Нарын), Кокпектинском (МС Самарка), Курчумском (МС Курчум), Тарбагатайском (МС Акжар), Уланском (АМП Саратовка), Урджарском (МС Урджар), Шемонаихинском (МС Шемонаиха), в окрестностях г. Усть-Каменогорск (МС Усть-Каменогорск), г. Семей (МС Семей) и г. Риддер (МС Лениногорск).

**Жамбылской области:** Мойынкумском районе (МС Акбакай, МС Мойынкум, МС Уланбель, МС Хантай и МС Чиганак), Кордайском (МС Анархай), Сарысуский (МС Жанатас, МС Саудагент), в р-не им. Т. Рыскулова (МС Кулан), Таласком (МС Каратау, МС Уюк), Кордайском (МС Отрар, МС Кордай), Жуалынском (МС Нурлыкент), Жамбылском (МС Тараз) и Шуском (МС Толе би, МС Шокпар).

**Костанайской области** в районах: Денисовском (МС Аршалинский), Житикаринском (МС Житикара), Жангельдинском (МС Торгай), Амангельдинском (МС Амангельды) и Аркалыкском (МС Екидын).

**Кызылординской области:** Аральском районе (МС Арал Тенизи), Жанакорганском (МС Аккум), Жалагашском (МС Жалагаш),

Казалинском (МС Казалы), Кармакчинском (МС Жосалы), Шиелинском (МС Шиели) и в окрестности г. Кызылорда (МС Кызылорда).

**Павлодарской области:** Теренкольском районе (МС Федоровка), Шарбактинский (МС Шарбакты), Актогайский (МС Актогай), Успенский (МС Успенка) и Железинский (МС Михайловка).

**Туркестанской области:** Байдибекском районе (АМП Екпенды, МС Шаян), Ордабасинском (АМП Боген), Келесском (АМП Ошакты), Махтааральский (АМП Жалын), Арысский (АМП Байыркум), Казыгуртский (МС Казыгурт), Сайрамский (МС Шымкент), Тюлькубаский (МС Т. Рыскулова), Жетысайский (МС Жетысай) и вокруг г. Туркестан (МС Туркестан).

**Суховеи.** Суховой характеризуется сохранением не менее 5 дней минимальной относительной влажности воздуха 30 % и менее, максимальной температурой воздуха 25 °С и более при средней скорости ветра 5 м/с и более. Интенсивность суховея определяется сухостью и температурой воздуха, а также скоростью движения суховейного потока. Степень повреждения растений суховеями зависит от продолжительности их действия, которая может колебаться от одного до двух недель.

Суховеи отмечались на территории:

**Костанайской области:** в Денисовском районе (МС Аршалинский), Карабалыкском (МС Карабалык), Аулиекольском (МС Диевская, МС Кушмурун), Карасуском (МС Железнодорожный, МС Карасу) районах, Узункольском (МС Пресногорьковка), Житикаринском (МС Житикара), Жангельдинском (МС Торгай), Аркалыкском (МС Екидын, МС Аркалык), Амангельдинском (МС Амангельды) районах, и в районе им. Б. Майлина (МС Тобол).

**Западно-Казахстанской области:** Таскалинском (МС Каменка) и Чингирлауском (МС Чингирлау) районах.

**Кызылординской области:** Аральском (МС Арал Тенизи), Шиелинском (МС Шиели) районах и в окрестности г. Кызылорда (МС Кызылорда).

**Почвенная засуха.** Почвенная засуха – это иссушение почвы (в первую очередь ее корнеобитаемых горизонтов), уменьшающее влагообеспеченность растений, вызывающее их угнетение, задержку роста, снижение продуктивности. В экстремальных условиях

сильное, длительное иссушение почвы в сочетании с высокими температурами воздуха и почвы приводит к полной потере физиологически доступной влаги и к гибели растений. Почвенная засуха существенно снижает конечный урожай даже в условиях благоприятного по степени увлажнения лета.

В 2020 году на начало весенне-полевых работ сформировались недостаточные влагозапасы в метровом слое почвы в Западно-Казахстанской области, а также в некоторых районах Павлодарской и Карагандинской областей, на остальной территории запасы продуктивной влаги в почве в основном были местами удовлетворительные и оптимальные.

Почвенная засуха отмечалась на территории:

**Западно-Казахстанской области:** Теректинском районе (АМП Анкатинский, МС Федоровка), районе Байтерек (АМП Погадаево, Переметное), Сырымском (АМП Газета Правда), Таскалинском (МС Каменка), Чингирлауском (МС Чингирлау) районах и вокруг г. Уральск (МС Уральск).

**Костанайской области:** Денисовском районе (МС Аршалинский), Карабалыкском (МС Есенколь, МС Карабалык), Аулиекольском (МС Диевская), Карасуском (МС Железнодорожный), Федоровском (МС Кень-Аральский, МС Федоровка), Узункольском (МС Пресногорьковка) районах, а также в районе им. Б. Майлина (МС Тобол).

**Павлодарской области:** Теренкольском районе (МС Федоровка), Шарбактинском (МС Шарбакты), Актогайском (МС Актогай), Успенском (МС Успенка), Павлодарском (МС Красноармейка) и Железинском (МС Михайловка) районах.

**Заморозки.** Заморозки характеризуются понижением температуры воздуха (поверхности почвы) ниже 0 °С в период активной вегетации сельскохозяйственных культур, приводящим к значительному их повреждению. В зависимости от времени появления и степени интенсивности заморозки могут частично или существенно повредить культуры, полностью уничтожить или снизить их урожай.

В 2020 г. заморозки отмечались в период активной вегетации на территории:

**Алматинской области:** в Кербулакском районе (МС Кербулак) и Балкашском районе.

**Ливень.** Ливень характеризуется

выпадением осадков большой интенсивности в количестве 20 мм и более за период 1 час и менее. Ливневые дожди выпадают из кучево дождевых облаков и охватывают, как правило, небольшие площади. Суточный максимум ливневых осадков в годовом ходе повсеместно приходится на тёплый период года, поэтому они могут нанести значительный урон состоянию сельскохозяйственных культур.

В 2020 г. ливень отмечался на территории:

**Карагандинской области** в Нуринском районе (МС Киевка).

**Вымерзание.** Вымерзание – повреждение зимующих культур низкими температурами воздуха при отсутствии снежного покрова или при недостаточной высоте снежного покрова во время сильных морозов.

Вымерзание отмечалось на территории: **Алматинской области** в Балкашском районе (МС Аул № 4).

## **2020 ЖЫЛЫ ҚАЗАҚСТАН ТЕРРИТОРИЯСЫНДА БАҚЫЛАНҒАН АПАТТЫ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАР**

**С.А. Долгих<sup>1</sup> г.ғ.к., Ж.К. Исабекова<sup>2</sup>, И.В. Вережкина<sup>2</sup>, С.Е. Ибраев<sup>2</sup>, Е.Н. Муканов<sup>2</sup>, И.М. Амирова<sup>2</sup>, Н.И. Ивкина<sup>1</sup> г.ғ.к., Е.И. Васенина<sup>1</sup>, Е.Ю. Смирнова<sup>1</sup>, Б.Т. Жездібаева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*РМК Казгидромет, қ. Алматы, Қазақстан Республикасы*

*E-mail: dolgikh\_s@meteo.kz*

<sup>2</sup>*РМК Казгидромет, қ. Нур-Султан, Қазақстан Республикасы*

Ауа-райының қысқаша сипаттамасына шолу, апатты метеорологиялық құбылыстар туралы ақпарат, олардың 2020 жылы Қазақстан аумағында пайда болуына себеп болған синоптикалық процестерге қысқаша сипаттама берілген. Сонымен қатар, 2020 жылы қарастырылып отырған аумақта байқалған апатты гидрологиялық және агрометеорологиялық жағдайларға шолулар және Солтүстік және Орта Каспийдің су беті жағдайына шолу жасалады.

**Түйін сөздер:** климаттық норма, синоптикалық үдеріс, метеорологиялық апатты құбылыстар, гидрологиялық құбылыстар, агрометеорологиялық жағдайлар, жазықтық аумақ, Солтүстік Каспий, Қазақстан аумағы

## **ACCIDENTAL HYDROMETEOROLOGICAL PHENOMENA OBSERVED ON THE TERRITORY OF KAZAKHSTAN IN 2020**

**S.A. Dolgikh<sup>1</sup> cand. geogr. sc., Zh.K. Isabekova<sup>2</sup>, I.V. Verevkina<sup>2</sup>, S.E. Ibraev<sup>2</sup>, E.N. Mukanov<sup>2</sup>, I.M. Amirova<sup>2</sup>, N.I. Ivkina<sup>1</sup> cand. geogr. sc., E.I. Vasenina<sup>1</sup>, E.Yu. Smirnova<sup>1</sup>, B.T. Zhezdibaeva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*RSE Kazhydromet, Almaty, Republic of Kazakhstan*

*E-mail: dolgikh\_s@meteo.kz*

<sup>2</sup>*RSE Kazhydromet, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan*

The article presents an overview of a brief description of the weather, information about accidental meteorological phenomena, a brief description of the synoptic processes that caused their occurrence on the territory of Kazakhstan in 2020. Reviews of accidental hydrological and agrometeorological conditions observed in the territory under consideration in 2020 and an overview of the state of the water surface of the Northern and Middle Caspian Sea are also presented.

**Keywords:** climate norm, synoptic process, natural meteorological phenomena, hydrological phenomena, agrometeorological conditions, flatland territory, Northern Caspian, territory of Kazakhstan

**ИЛЯКОВА РЫЗВАНГУЛЬ МАРИКОВНА  
(К 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)**



19 декабря 2021 года исполняется 60 лет со дня рождения прекрасного человека, талантливого сотрудника, высококвалифицированного специалиста в области метеорологии и климатологии – Рызвангуль Мариковны Иляковой.

Рызвангуль Мариковна начала свой трудовой путь метеоролога в 1981 году в Казахском научно-исследовательском гидрометеорологическом институте с должности старшего лаборанта, затем инженера и ведущего инженера. За годы работы проявила себя как очень ответственный, исполнительный и трудолюбивый сотрудник, к которому с большим уважением относятся в коллективе.

Рызвангуль Мариковна всегда стремилась повышать свою квалификацию, успешно закончила курсы в Индии, Германии, России. Принимала участие в больших национальных и международных проектах в области исследований изменения климата и его причин, является соавтором разделов о климате во всех семи подготовленных на настоящий момент Национальных сообщениях Республики Казахстан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата, соавто-

ром «Оценочного доклада об изменениях климата на территории Казахстана». Активно участвовала в научно-прикладных исследованиях о влиянии изменения климата на водные ресурсы трансграничных рек, по теме «Исследование и прогнозирование засух в Казахстане» и многих других.

В настоящее время Рызвангуль Мариковна работает в Научно-исследовательском центре РГП "Казгидромет" в Управлении климатических исследований. Является ответственным за выпуск Ежегодного бюллетеня мониторинга состояния и изменения климата Казахстана. Помимо высоких профессиональных качеств, Рызвангуль Мариковна как человек с большим сердцем и душой, отзывчивая, добрая, всегда со светлой улыбкой, заслужила уважение и любовь всего коллектива.

Рызвангуль Мариковна! коллектив РГП "Казгидромет", редакция журнала "Гидрометеорология и экология", все Ваши коллеги и друзья от всего сердца поздравляют Вас с юбилеем! Оставайтесь всегда такой же молодой, утонченной, доброй. Будьте всегда здоровы и счастливы!

**ЖЕЗДИБАЕВА БАКЫТ ТОЛЕУБЕКОВНА  
(К 50-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)**



25 октября исполнилось 50 лет начальнику Управления метеорологических исследований и расчетов Научно-исследовательского центра РГП «Казгидромет» Жездибаевой Бакыт Толеубековне.

Бакыт Толеубековна начала свою трудовую деятельность в 1988 г. с должности техника-метеоролога на аэрометеостанции Акжар Восточно-Казахстанской области. В 1990 году для повышения квалификации была направлена в Алматинскую гидрометшколу. В 1992...1998 гг. продолжила обучение по специальности «инженер-метеоролог» в Казахском Национальном университете им. аль-Фараби. После успешного окончания университета была принята на работу техником-метеорологом 2 категории в Республиканский гидрометеорологический фонд.

Далее работала инженером в отделе агрометеорологии. В 1998...2003 гг. проходила военную службу в должности инженера-синоптика военной части 65229. Начиная с 2009 года работает в РГП «Казгидромет» ведущим инженером в управлении метеорологии, а затем начальником управления климатологии Департамента метеорологии. С августа 2021 года является начальником Управления метеорологических ис-

следований и расчетов Научно-исследовательского центра РГП «Казгидромет».

Бакыт Толеубековна активно участвовала в разработке методических писем по методам наблюдений и их обработке, анализу результатов, а также в разработке методик и в выпуске разделов климатических справочников «Снежный покров», «Влажность воздуха», «Облачность».

За годы работы в Гидрометслужбе проявила себя как профессиональный, грамотный и ответственный сотрудник. Имея навык работы в области метеорологии, агрометеорологии и климатологии, обладая способностью работать с большим объемом данных, успешно совмещает глубокие теоретические познания и практический опыт, продолжая трудиться в Научно-исследовательском центре Казгидромета.

За отличную работу в своей деятельности Бакыт Толеубековна неоднократно была награждена грамотами, и медалью «Гидрометеорология саласының үздігі».

Обладает деловыми качествами: добросовестным отношением к работе и аналитическим мышлением. Стремясь к профессиональному росту постоянно совершенствует свои навыки продолжая повышать квалификацию. Требова-



тельна к себе и деликатна и терпелива по отношению к коллегам, охотно делится накопленным опытом с молодёжью и пользуется заслуженным авторитетом у коллег.

Неоднократно поощрялась благодарностями и грамотами, награждена Нагрудным знаком «Гидрометеорология саласының үздігі».

От всей души поздравляем Бакыт Толеубе-

ковну с юбилеем! Желаем новых возможностей и успешной реализации новых проектов, вдохновения в работе и неиссякаемого оптимизма, тепла и благополучия в семье!

С наилучшими пожеланиями  
коллектив РГП «Казгидромет»